

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Filip Strsoglavec

Zagreb, 2011.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Student:

Filip Strsoglavec

Zagreb, 2011.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem mentoru prof. dr.sc. Zoranu Kunici te djelatnicima tvrtke Macel plin d.o.o. na savjetima i pomoći koju su mi pružili tijekom izrade ovog rada.

Filip Strsoglavec

Zadatok

SAŽETAK

U radu je opisan objekt plinovodnog sustava, mjerno-redukcijska stanica. Ukratko je opisano trenutno stanje i smjer razvoja plinskog transportnog sustava u Republici Hrvatskoj. Razvojem plinovodnog sustava, nameće se potreba izgradnje tipske mjerno-redukcijske stanice.

Nabrojena je i opisana osnovna oprema mjerno-redukcijske stanice te su navedeni osnovni podaci potrebni za projektiranje mjerno-redukcijske stanice.

Razvoj plinskog sustava provodi tvrtka Plinacro d.o.o. te su u radu opisane faze izrade projekta prema idejnom projektu tvrtke Plinacro. Opisane su komponente glavnog projekta te su opisani elementi strojarskog projekta u kojemu se navode specifikacije montažnih radova i upute za montažu strojarske opreme. Glavnim projektom nije izrađen plan montaže te je proces montaže prepušten iskustvu izvođača montažnih radova. Svi rokovi izvedbe dani su terminskim planom isporuke MRS-a te je prema terminskom planu vođena koordinacija svih montažnih radova.

Opisan je postojeći proces montaže mjerno-redukcijske stanice te je izrađena strukturna sastavnica i plan montaže.

U radu je ispitana mogućnost oblikovanja proizvoda i procesa montaže u programskom paketu CATIA i DELMIA. Opisan je postupak izrade modela mjerno-redukcijske stanice u programskom paketu CATIA, pri čemu su oblikovan svi ugradbeni elementi navedeni u radu. Model je napravljen na osnovi tehničke dokumentacije glavnog projekta.

U nastavku rada je odabran dio procesa montaže mjerno-redukcijskog dijela stanice, postupak montaža mjerne linije, za detaljniji opis elemenata rada.

Opisan je proces montaže mjerne linije. Sustavom unaprijed određenih vremena *Methods-Time Measurement* (MTM) određeno je vrijeme izvođenja montaže mjerne linije MRS-a.

Programskim paketom DELMIA oblikovani su proces i sustav montaže. Za oblikovanje radnika, a zatim i za simuliranje procesa montaže, korišteni su DELMIA-ini moduli za ergonomske dizajn i analizu. Prikazana je montaža ugradbenih elemenata na radnom mjestu.

Rezultati simulacije su uspoređeni sa vremenima MTM-2 sustava. Navedene su prednosti i nedostaci simulacije montažnog procesa.

Opisana je tehnika zatezanja vijaka hidrauličkim zatezalom čija bi primjena mogla skratiti vrijeme montaže.

Na osnovi analize postojećeg postupka projektiranja uočene su mogućnosti za uspostavu efikasnijeg postupka projektiranja.

SADRŽAJ

| | |
|---|----|
| SAŽETAK..... | 1 |
| POPIS SLIKA | 5 |
| POPIS TABLICA..... | 8 |
| POPIS OZNAKA | 9 |
| POPIS PRILOGA..... | 10 |
| 1. UVOD | 11 |
| 2. PRIRODNI PLIN | 13 |
| 2.1. Sastav i nastanak..... | 13 |
| 2.2. Prirodni plin kroz povijest | 14 |
| 2.3. Povijest transporta plina u Hrvatskoj..... | 15 |
| 2.4. Upotreba | 15 |
| 2.5. Rezerve, proizvodnja i potrošnja prirodnog plina | 16 |
| 2.5.1. Svjetske rezerve, proizvodnja i potrošnja prirodnog plina..... | 16 |
| 2.5.2. Domaće rezerve, proizvodnja i potrošnja prirodnog plina..... | 17 |
| 2.6. Kapaciteti plinskog sustava i mreže u Hrvatskoj..... | 17 |
| 2.6.1. Proizvodnja i prerada | 17 |
| 2.6.2. Skladištenje | 18 |
| 2.6.3. Distribucija | 18 |
| 2.6.4. Transport | 18 |
| 3. PLINSKI TRANSPORTNI SUSTAV | 20 |
| 3.1. Priprema za transport..... | 20 |
| 3.2. Elementi plinovodnog sustava..... | 21 |
| 4. MJERNO-REDUKCIJSKA STANICA..... | 22 |
| 4.1. Distribucija i transport | 22 |
| 4.1.1. Početak distribucije plina | 22 |
| 4.1.2. Moderno doba distribucije plina | 22 |
| 4.1.3. Maksimalni dozvoljeni pad tlaka | 23 |
| 4.2. Mjerno-redukcijska stanica..... | 24 |
| 4.2.1. Funkcija..... | 24 |
| 4.2.2. Osnovni podaci za projektiranje..... | 24 |
| 4.2.3. Sigurnosni propisi i zakoni..... | 25 |
| 4.3. Fizika i termodinamika..... | 25 |
| 4.4. Operativni uvjeti | 26 |
| 4.4.1. Kvaliteta plina | 26 |

| | | |
|--------|---|----|
| 4.4.2. | Dostupnost i održavanje | 26 |
| 4.4.3. | Električna sigurnost i opasnosti..... | 26 |
| 4.4.4. | Izgradnja..... | 26 |
| 4.4.5. | Buka i vibracije | 26 |
| 4.5. | Oprema mjerno-redukcijske stanice | 27 |
| 4.5.1. | Raspored opreme..... | 27 |
| 4.5.2. | Dimenzije cijevi | 28 |
| 4.5.3. | Slavine | 28 |
| 4.5.4. | Regulatori | 29 |
| 4.5.5. | Filter | 31 |
| 4.5.6. | Monitor regulator | 32 |
| 4.5.7. | Blokadni ventil | 32 |
| 4.5.8. | Ispušni ventil | 32 |
| 4.6. | Parametri rada..... | 32 |
| 5. | PROJEKT TIPSKE MJERNO-REDUKCIJSKE STANICE..... | 33 |
| 5.1. | Tehnički dio..... | 38 |
| 5.1.1. | Strojarsko tehnološki dio..... | 39 |
| 5.1.2. | Elektroenergetski dio..... | 40 |
| 5.1.3. | Nadzor i upravljanje procesom | 40 |
| 5.1.4. | Građevinski dio | 40 |
| 5.2. | Uvjeti projektiranja..... | 41 |
| 5.3. | Propisi..... | 41 |
| 5.4. | Proračun za dimenzioniranje i odabiranje opreme | 43 |
| 5.4.1. | Dimenzioniranje cjevovoda..... | 43 |
| 5.4.2. | Odabiranje opreme mjerno-redukcijske stanice | 45 |
| 5.4.3. | Odabir opreme za redukciju tlaka plina | 46 |
| 5.4.4. | Odabiranje elemenata mjernih linija | 48 |
| 6. | SPECIFIKACIJA OPREME I MATERIJALA | 50 |
| 6.1. | Specifikacija opreme i materijala za redukcijsku liniju „A“ | 50 |
| 6.2. | Specifikacija opreme i materijala za mjernu liniju „A“ | 56 |
| 6.3. | Struktura mjerno-redukcijskog dijela MRS-a..... | 59 |
| 7. | MODELIRANJE U PROGRAMSKOM PAKETU CATIA V5 | 62 |
| 8. | MONTAŽA MJERNO-REDUKCIJSKE STANICE | 73 |
| 8.1. | Osnove montaže | 73 |
| 8.2. | Postojeći proces montaže mjerno-redukcijskog dijela MRS-a..... | 75 |
| 8.3. | Planiranje montaže MRS-a..... | 79 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 8.4. | Montaža mjerne linije u mjerno-redukcijskom dijelu MRS-a..... | 91 |
| 8.5. | Elementi rada montaže mjerne linije | 95 |
| 8.6. | Određivanje vremena izvođenja montaže mjeren linije MTM-2 sustavom | 97 |
| 8.7. | Oblikovanje modela za simulaciju procesa montaže mjerne linije | 105 |
| 8.7.1. | Oblikovanje radnog mjesta..... | 105 |
| 8.7.2. | Oblikovanje gibanja za simulaciju | 106 |
| 8.8. | Simulacija procesa montaže mjerne linije | 110 |
| 8.9. | Usporedba vremena dobivena simulacijom i sustavom MTM-2..... | 117 |
| 9. | ZAKLJUČAK | 121 |
| 10. | LITERATURA..... | 123 |
| 11. | PRILOZI..... | 124 |

POPIS SLIKA

| | | |
|-----------|---|----|
| Slika 1. | Podjela ugljikovodika [1]..... | 13 |
| Slika 2. | Zalihe prirodnog plina po područjima u svijetu [6] | 16 |
| Slika 3. | Osnovni pravci svjetske trgovine prirodnim plinom [6]..... | 17 |
| Slika 4. | Struktura transportiranih količina prirodnog plina prema izlaznim mjerno-redukcijskim stanicama tijekom 2009. godine [7] | 18 |
| Slika 5. | Plinski transportni sustav u Republici Hrvatskoj [7] | 19 |
| Slika 6. | Centralna plinska stanica Molve | 20 |
| Slika 7. | Primjer modernog transportnog i distribucijskog sustava [8]..... | 23 |
| Slika 8. | Odnos između omjera tlaka i masenog protoka plina [8] | 24 |
| Slika 9. | Oprema mjerno-redukcijske stanice [9] | 28 |
| Slika 10. | Slavina..... | 29 |
| Slika 11. | Regulator tlaka [10] | 30 |
| Slika 12. | Regulator tlaka s pilotom [11] | 30 |
| Slika 13. | Tipska mjerno-redukcijska stanica | 33 |
| Slika 14. | Unutrašnjost tipske mjerno-redukcijske stanice | 33 |
| Slika 15. | Proces projektiranja industrijskog postrojenja..... | 34 |
| Slika 16. | Faza 1: Izrada idejnog projekta..... | 35 |
| Slika 17. | Faza 2: Izrada glavnog projekta i ishodenje tipskog projekta..... | 36 |
| Slika 18. | Faza 3: Proces izbora izvođača i izvršenje ugovora | 37 |
| Slika 19. | Komponente strojarškog projekta mjerno redukcijske stanice | 38 |
| Slika 20. | Oblikovanje okvira kontejnera..... | 62 |
| Slika 21. | Umetanje čeličnih profila na okvir kontejnera..... | 63 |
| Slika 22. | Model MRS kontejnera..... | 64 |
| Slika 23. | Odabir funkcije cijevnog elementa | 65 |
| Slika 24. | Standardni prikaz kuglastog ventila i prirubnice u CATIA-i..... | 66 |
| Slika 25. | Brtve i prirubnice nazivnog promjera DN 25, DN 50, DN 80, DN 100 i DN 150 [13] | 66 |
| Slika 26. | Modeli ventila i slavina..... | 67 |
| Slika 27. | Regulator tipa Cronos i dva pilota PS79..... | 67 |
| Slika 28. | Elementi nosača cjevovoda..... | 68 |
| Slika 29. | Model mjerište protoka plina (a), mjerilo protoka, tip IRM-3 (b), sigurnosnog ispušnog ventila, tipa SVO-N (c), te ispušni ventil V-20-2 (d)..... | 69 |
| Slika 30. | Filter-zagrijač plina | 69 |
| Slika 31. | Smještaj opreme unutar kontejnera MRS-a | 70 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| Slika 32. | Umetanje prirubnica, brtvi, vijaka i matica. | 70 |
| Slika 33. | Umetanje cijevi i spajanje s cijevnim elementima..... | 71 |
| Slika 34. | Mjerno-redukcijski dio MRS-a..... | 72 |
| Slika 35. | Mjerno-redukcijski dio MRS-a, pogled sa strane | 72 |
| Slika 36. | Postupak projektiranja montažnog sustava..... | 74 |
| Slika 37. | Kontejner MRS | 77 |
| Slika 38. | Lokacija montaže MRS..... | 78 |
| Slika 39. | Kranska sklopiva hidraulična dizalica | 78 |
| Slika 40. | Ručni alat: a) Momentni ključ, b) viljuškasti udarni ključ i c) okasti udarni ključ | 79 |
| Slika 41. | Mjerna linija MRS-a | 81 |
| Slika 42. | Terminski plan isporuke MRS-a..... | 82 |
| Slika 43. | Graf prethodnosti mjerno-redukcijskog dijela MRS-a | 90 |
| Slika 44. | Pogled sa prednjih vrata na mjernu i redukcijsku liniju MRS-a..... | 91 |
| Slika 45. | Priprema opreme za podizanje hidrauličnom dizalicom..... | 92 |
| Slika 46. | Pogled na kuglastu slavinu DN 100 mjerne linije MRS-a..... | 92 |
| Slika 47. | Vertikalno orijentiranje prirubnice: a) ispravno, b) neispravno..... | 93 |
| Slika 48. | Redoslijed zatezanja vijaka..... | 94 |
| Slika 49. | Montaža kuglaste slavine DN 150 | 95 |
| Slika 50. | Kuglasta slavina DN 150 i mjerilo protoka plina mjerne linije MRS-a | 95 |
| Slika 51. | Graf prethodnosti montaže mjerne linije MRS-a..... | 96 |
| Slika 52. | Radni prostor montaže | 105 |
| Slika 53. | Radno mjesto montaže unutar kontejnera..... | 106 |
| Slika 54. | Element rada 6 i element rada 7 spajanja obujmica..... | 107 |
| Slika 55. | Element rada 10 | 107 |
| Slika 56. | Transport slavine dizalicom..... | 108 |
| Slika 57. | 11-ER1, pozicioniranje slavine dizalicom | 108 |
| Slika 58. | 11-ER2 i 11-ER3, spajanja slavine DN100 | 109 |
| Slika 59. | 15-ER2 i 15-ER3, spajanje slavine DN150 | 109 |
| Slika 60. | 19-ER2 i 19-ER3, spajanje slavine | 110 |
| Slika 61. | 22-ER2 i 22-ER3, spajanje mjerila | 110 |
| Slika 62. | PERT dijagram montaže mjeren linije, prvi stupanj procesa | 110 |
| Slika 63. | PERT dijagram montaže mjerne linije MRS-a, prikazan drugi stupanj procesa . | 111 |
| Slika 64. | PERT dijagram montaže slavine mjerne linije, prikazan treći stupanj procesa spajanja..... | 112 |
| Slika 65. | Podizanje sklopa cijevnih elementa | 113 |
| Slika 66. | Postavljanje obujmice | 113 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| Slika 67. | Priprema slavine za prijenos dizalicom | 114 |
| Slika 68. | Pozicioniranje slavine dizalicom | 114 |
| Slika 69. | Umetanje vijaka | 115 |
| Slika 70. | Umetanje brtve..... | 115 |
| Slika 71. | Postavljanje vijaka nakon umetanja brtve..... | 116 |
| Slika 72. | Spajanje matica | 116 |

POPIS TABLICA

| | |
|--|-----|
| Tablica 1. Bilančne rezerve i proizvodnja prirodnog plina (u 10^6 m ³) [7] | 17 |
| Tablica 2. Specifikacija opreme reduksijske linije „A“ | 50 |
| Tablica 3. Specifikacija materijala za reduksijsku liniju „A“ | 52 |
| Tablica 4. Specifikacija opreme za mjernu liniju „A“ | 56 |
| Tablica 5. Specifikacija materijala za mjernu liniju „A“ | 57 |
| Tablica 6. Strukturna sastavnica mjerno-reduksijskog dijela MRS-a | 60 |
| Tablica 7. Plan montaže mjerno-reduksijskog dijela MRS-a | 83 |
| Tablica 8. Vremena trajanja elemenata rada | 104 |

POPIS OZNAKA

| Oznaka | Jedinica | Opis |
|-----------|-------------|--|
| A | m^2 | površina |
| c | - | konstanta |
| C_g | - | plinski faktor |
| c_p | kJ/kgK | specifična toplina |
| DN | mm | nazivni promjer (Diameter Nominal) |
| F | m^2 | površina presjeka otvora cijevi |
| K | - | faktor za prirodan plin |
| K_d | - | koeficijent protoka |
| k_n | - | koeficijent zamora |
| k_a | - | koeficijent djelovanja okoline |
| NPT | inch | Konusni cjevni navoj (National Pipe Thread) |
| NPS | inch | nazivni promjer (Nominal Pipe Size) |
| P | Pa | apsolutni tlak |
| p | bar | tlak |
| P_{izl} | bar | izlazni tlak MRS-a |
| P_{ul} | bar | ulazni tlak MRS-a |
| P&ID | - | Cijevni i instrumentalni dijagram (engl. <i>Piping and Instrumentation Diagram</i>) |
| R_m | $J/(kmolK)$ | opća plinska konstanta |
| T | K | temperatura |
| T_{ul} | $^{\circ}C$ | ulazna temperatura plina |
| T_{izl} | $^{\circ}C$ | izlazna temperatura plina |
| t_1 | s | jedinično vrijeme |
| t_m | s | vrijeme montaže |
| V | m^3/h | volumski protok |
| v | m/s | brzina |
| V_m | $m^3/kmol$ | molarni volumen |
| Z | - | faktor stlačivosti |
| q | m^3/h | protok plina |
| Q_n | m^3/h | protočna količina plina |
| Q_t | kW | toplinski učinak |
| q_m | kg/s | protočna masa |
| ρ_n | kg/m^3 | gustoća |

POPIS PRILOGA

| | |
|--|-----|
| Prilog 1. Presjek linije regulacije „A“ | 125 |
| Prilog 2. Presjek mjerne linije „A“ | 126 |
| Prilog 3. Kontejner mjerno-redukcijske stanice | 127 |
| Prilog 4. Presjek G-G mjerno-redukcijske stanice | 128 |
| Prilog 5. Tablice za odabir Cronos regulatora..... | 129 |
| Prilog 6. Dimenzije Cronos regulatora..... | 130 |
| Prilog 7. Dimenzije filter-zagrijača plina | 131 |
| Prilog 8. Dimenzije mjerača protoka plina IRM-3 | 131 |
| Prilog 9. Tehnički list ispušnog ventila SVO-N..... | 132 |
| Prilog 10. Dimenzije slavina proizvodnje Tartarini | 133 |
| Prilog 11. Tehnička dokumentacija kuglaste slavine, IKOM d.o.o. | 134 |
| Prilog 12. Sigurnosni ventil V/20-2 | 135 |

1. UVOD

Vrijeme u kojem živimo obilježavaju napori za osiguravanje dostatnih količina energenata koji će zadovoljiti potrebe gospodarskog rasta i stanovništva. Globalno i regionalno se intenzivno istražuju novi odnosi i koncepti osiguravanja i prijenosa energije. Jedan od hrvatskih strateških ciljeva osiguranja energije jest prirodni plin. U skladu s time, razvija se i izgrađuje plinski transportni sustav Republike Hrvatske. Razvoj plinskog sustava provodi tvrtka Plinacro, a u fazi same izgradnje i modernizacije sudjeluju razne hrvatske projektantske, graditeljske i nadzorne tvrtke te konzorciji i udruge domaćih proizvođača. Transportni sustav u 2009. godini obuhvaća 2 113 km plinovoda, 154 mjesta isporuke plina s 257 mjernih linija te 19 mjesta ulaza u sustav. Transportni sustav omogućuje predaju plina na području 16 županija.

Planom razvoja, izgradnje i modernizacije plinskoga transportnog sustava u Republici Hrvatskoj od 2002. do 2011. godine planirane su tri grupe regionalnih projekata: Plinovodni sustav Pula–Karlovac, Plinovodni sustav središnje i istočne Hrvatske i Plinovodni sustav Like i Dalmacije. Njihovom izgradnjom znatno će se povećati pokrivenost Republike Hrvatske plinskim transportnim sustavom i omogućiti smanjenje energetske ovisnosti o električnoj energiji. Dovodjenje prirodnog plina, kvalitetnog i ekološki prihvatljivog energenta dat će novi zamah razvoju gospodarstva tih regija.

Razvojem plinovodnog sustava Like i Dalmacije planira se izgradnja 14 mjerno-redukcijskih stanica (MRS) koje čine dio sustava: od OPČS Podrebar do BS-2 Josipdol (MRS Ogulin), od BS-2 Josipdol do MČS-3 Gospić (MRS Otočac, MRS Gospić), od MČS-3 Gospić do PČ Benkovac (MRS Gračac, MRS Obrovac, MRS Benkovac, MRS Biograd, MRS Zadar), od PČ Benkovac do PČ Dugopolje (MRS Pirovac, MRS Šibenik, MRS Drniš, MRS Knin, MRS Trogir, MRS Split). Na području Istre planirana je izgradnja plinovoda Pula-Umag s pripadajućim mjerno-redukcijskim stanicama Rovinj, Poreč, Kovri, Umag i Kršan. Tijekom 2008. godine na transportni sustav su priključene tri nove mjerno-redukcijske stanice. Izgrađen je i plinovod Podrebar–Josipdol DN 500 dužine 26,2 km sa spojnim plinovodom za MRS Ogulin DN 400 dužine 4,1 km, koji predstavlja prvi dio sustava Bosiljevo–Split. Tijekom 2009. godine na transportni je sustav priključena mjerno-redukcijska stanica Pula.

Mjerno-redukcijska stanica, jest objekt plinovodnog sustava u čijim uređajima se smanjuje tlak prirodnog plina na tlak distributivne plinske mreže ili neki drugi tlak potreban za potrošače izravno priključene na plinovodni sustav te se provodi mjerenje isporučenih količina plina.

Iako je MRS tipski objekt plinskog transportnog sustava tehnološki razvoj plinske opreme i instalacija te projekt modernizacije plinskoga transportnog sustava nameće projektiranje nove mjerno-redukcijske stanice koja će zadovoljiti sve zahtjeve dosadašnjeg i budućeg plinskog transportnog sustava Republike Hrvatske.

MRS opisan u ovome radu je razvijan i izgrađen za ugradnju u plinovodni sustav Like i Dalmacije, a sadrži dvije redukcijske procesne linije, visokotlačna i niskotlačna, te mjerne linije, rezervne linije i kotlovnice, smještene u ograničenom prostoru kontejnera koji omogućuje jednostavniji prijenos i ugradnju MRS u plinovodni sustav.

Projektiranje i montaža mjerno-redukcijske stanice povezuje inženjerska područja strojarstva, građevinarstva i elektrotehnike, te je time potrebno riješiti razne tehničke, zakonodavne i organizacijske probleme. Glavni projekt izrađuje projektni ured na temelju projektnog zadatka tvrtke Plinacro, dok se izvođači projekta biraju na javnom natječaju.

Trenutačno, tijekom projektiranja nisu korišteni suvremeni 3D CAD/CAM/CAE¹ programski paketi koji bi omogućili jednostavniji pregled, razvoj, analizu i izmjenu proizvoda. Kako je opravdano očekivati daljnji tehnološki razvoj plinskog transportnog sustava i plinskih instalacija lako je zaključiti da će biti potrebne izmjene načina izrade projekta MRS. Smatra se da bi projekt bilo lakše izraditi i moguće izmjene brže implementirati kada bi stanica bila izrađena nekim 3D CAD/CAE programskim paketom, kao što je CATIA, koji sadrži razne programske module za inženjerska područja strojarstva, građevinarstva i elektrotehnike. U ovome radu namjera je prikazati mogućnost izrade 3D model MRS u CATIA-i te pritom prikazati montažu stanice koja predstavlja ključni dio izrade MRS. Prema glavom projektu montaža stanice je prepuštena izvođaču montažnih radova i iskustvu zaposlenika izvođača, a izvodi se prema naputcima iz projektne dokumentacije.

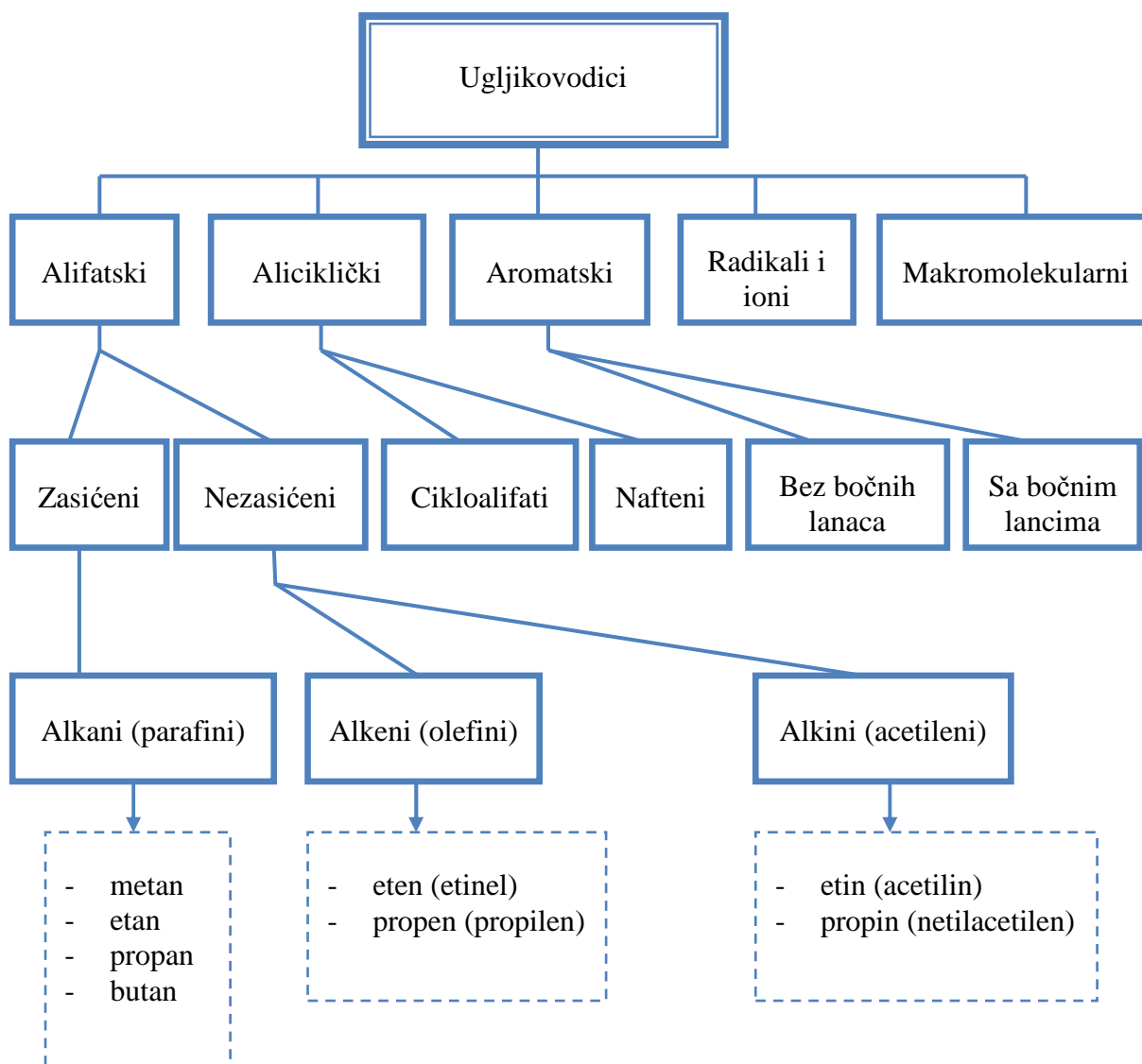
¹ Computer Aided Design, Computer Aided Manufacturing, Computer Aided Engineering

2. PRIRODNI PLIN

Kako mjerno-redukcijska stanica služi za transport i distribuciju prirodnog plina u sljedećim poglavljima je dan kratak opis sastava i nastanka prirodnog plina i osvrt na tijek i razvoj transporta prirodnog plina kroz povijest te prikaz trenutnog stanja u svijetu i Hrvatskoj.

2.1. Sastav i nastanak

Prirodni plin predstavlja smjesu ugljikovodika koji su pri atmosferskom tlaku i okolnoj temperaturi u plinovitom stanju. Ugljikovodici spadaju u red najjednostavnijih kemijskih spojeva, sastoje se samo od ugljika i vodika. U svim ugljikovodicima ugljik je četverovalentan, a vodik jednovalentan. Ugljikovodici se dijele u tzv. homologne redove, odnosno u skupine s različitim brojem atoma ugljika (i vodika), ali sa zajedničkom općom formulom, osnovnom građom i kemijskim ponašanjem. Slika 1. prikazuje podjela ugljikovodika.



Slika 1. Podjela ugljikovodika [1]

Po svom kemijskom sastavu i svojstvima, plinovi koji čine osnovu plinskih goriva ubrajaju se u alifatske (ulančane) ugljikovodike, ponajviše u alkane (metan, etan, propan, butan, itd.).

Prirodni plin se najvećim dijelom (veći od 90%) sastoji od metana (CH_4). U manjim količinama prisutni su ostali ugljikovodici (etan, propan, butan i primjese težih ugljikovodika), te ugljični dioksid (CO_2) i dušik (N_2), a moguća je i pojava helija, sumporovodika, argona, vodik, živin i drugih para. Porijeklo, vrsta i udio tih primjesa u prirodnom plinu ovise o vrsti matičnih stijena, o utjecaju magmatskih, odnosno hidrotermičkih procesa u litosferi i o procesima migracije prirodnog plina, tj. ovisi o tipu ležišta s kojeg se plin pridobiva.

Podzemna nalazišta prirodnog plina utvrđena su na dubinama od nekoliko metara pa do više od 5 000 metara, pod tlakom nekad višim i od 300 bara, i temperaturama višim i od 180°C , ovisno o dubini ležišta.

Plin se nakuplja u propusnim slojevima stijena (u čije šupljine se može smjestiti plin), koji su okruženi nepropusnim slojevima (tako da sprečavaju migraciju plina i drže ga na neki način zarobljenog u propusnim slojevima). Najčešće se nalazi kao plinska kapa u naftnim ležištima, ali nisu rijetka ni čista plinska polja, bez prisutnosti nafte.

Široko je rasprostranjen u sedimentnim, a nalazi se u i eruptivnim stijenama. Pojavljuje se u stijenama nastalim u svim geološkim razdobljima, ali učestalije i obilnije pojave prirodnog plina počinju sa stijenama iz razdoblja razvoja intenzivnijeg života na Zemlji (kambrij – ordovicij, prije više od 500 milijuna godina).

Ovisno o tipu ležišta postoje i različiti nazivi za vrste prirodnog plina [2]:

1. Prirodni plin iz plinskih ležišta (suhi plin),
2. Kondenzatni plin iz plinsko kondenzatnih ležišta,
3. Naftni (kaptažni) plin iz naftnih ležišta (mokri plin).

Nije još s potpunom sigurnošću utvrđen način nastanka prirodnog plina i formiranja njegovih akumulacija. Jedna od teorija je organska teorija nastanka prirodnog plina. Ona se bazira na utvrđenim organskim materijalima u prirodnom plinu, potrebnim za stvaranje ugljikovodika, te rastumačenim kemijskim procesima dozrijevanja organske tvari i stvaranja ugljikovodika, pa tako i prirodnog plina. Međutim, pronađeni su tragovi ugljikovodika, naročito metana, duboko u granitnim masivima gdje nema organskog materijala, pa se zbog toga smatra da se ne smije potpuno odbaciti ni anorganska teorija o postanku prirodnog plina [3].

2.2. Prirodni plin kroz povijest

Puno vremena se mislilo da je prirodni plin beskoristan. Čak i danas se u nekim državama rješavaju tog plina tako da ga spaljuju u velikim bakljama. Prije nego što se Prirodni Plin može koristiti kao gorivo treba se izdvojiti svi elementi osim metana, kao na primjer: Propan, Etan, Butan i ostale molekule čija je masa veća, te elementi Helij i Dušik. Metan je visoko zapaljiv i sagorijeva gotovo potpuno. Nakon sagorijevanja ne ostaje pepela, a zagađivanje zraka je vrlo malo. Prirodni plin nema boje, okusa, mirisa ni oblika u svojoj prirodnoj formi, pa je prema tome ljudima neprimjetan. Zbog toga im kompanije dodaju kemikaliju koja ima miris pokvarenih jaja. Taj miris omogućava ljudima laku detekciju ispuštanja plina u kući [4].

Davno prije naše ere, Kinezi su rasvjetljavali svoje hramove dovodeći prirodni plin cijevima od bambusa, to je prvi primjer organizirane proizvodnje i transporta prirodnog plina. U 19. stoljeću prirodni plin korišten je gotovo isključivo za ulične svjetiljke. U to vrijeme nije još bilo plinovoda i masovna distribucija po kućanstvima nije bila moguća. Godine 1825. u Fredoniji, New York, William A. Hart izbušio je 27 stopa duboku bušotinu s ciljem povećanja

protoka prirodnog plina na površinu. Zbog toga se ta godina uzima kao početak namjernog iskorištavanja prirodnog plina. Godine 1855. Robert Bunsen izumio je plamenik koji je miješao zrak s prirodnim plinom. Taj izum omogućio je iskorištavanje prirodnog plina za kuhanje i grijanje prostorija. Iskorištavanje u većem opsegu započelo je 1884. godine, kad je prirodni plin doveden plinovodom dugačkim 23 km u Pittsburg, gdje je upotrebljavan za rasvjetu, grijanje i toplinske procese. Tokom drugog svjetskog rata došlo je do velikog napretka u svojstvima metala, tehnikama zavarivanja i izrađivanja cijevi, pa je izgradnja plinovoda postala ekonomski vrlo privlačna, a samim time i upotreba u gospodarstvu i domaćinstvima. Do 1950. godine SAD su bile gotovo jedini proizvođač prirodnog plina, a onda se priključuju Sovjetski Savez, Kanada, Nizozemska, Velika Britanija, Norveška, Njemačka, Rumunjska, Italija, Meksiko, Venecuela, Alžir, Nigerija, Indonezija, Malezija, i u novije vrijeme, zemlje Srednjeg istoka [4].

2.3. Povijest transporta plina u Hrvatskoj

U našim krajevima prirodni plin otkriven je 1917. godine u Bujavici, počeo se iskorištavati za rasvjetu 1918., a u industriji 1926. godine kada je proizvedeno 500 000 prostornih metara. Organiziranja istraživanja prirodnog plina započinju nakon drugog svjetskog rata, a otkrivena ležišta uvjetuju izgradnju prvog magistralnog plinovoda od plinskog polja Janja Lipa do Zagreba 1954. godine promjera 150 mm i dužine 98 km. Tijekom 1956. godine od Kloštra do Zagreba transportirano je oko 18 milijuna prostornih metara plina pri tlaku od 5 do 6 bara pa se ta godina uzima kao početak djelatnosti transporta plina u Hrvatskoj. Daljnje otkrivanje plinskih polja pratila je izgradnja mreže magistralnih plinovoda na cijelom sjeveroistočnom teritoriju Hrvatske. Srpnja 1978. godine je u rad pušten međudržavni spojni plinovod Rogatec-Zagreb koji je povezao plinske sustave Slovačke, Austrije, Slovenije i Hrvatske te time omogućio uvoz prirodnog plina u Hrvatsku. U točki Rogatec-Hum na Sutli je mjesto prihvata uvoznih količina prirodnog plina iz Rusije [5].

2.4. Upotreba

Prirodni plin je, uz ugljen i ostala čvrsta goriva, jedini primarni oblik energije koji se može neposredno upotrebljavati. Svi ostali oblici energije (nafta, vodena snaga, nuklearno gorivo i nekonvencionalni oblici energije) moraju se transformirati u pogodnije oblike (naftne derivate, električnu energiju, vodenu paru ili vrelu vodu). Za energetske transformacije potrebno je sagraditi postrojenja, što zahtijeva velike investicije, a neminovni su i veći ili manji gubici energije.

Prirodni plin može se neposredno upotrijebiti u širokoj potrošnji za zagrijavanje prostorija i pripremu tople vode, u industriji kao izvor topline za postizanje visokih temperatura (u metalurgiji, kemijskoj, prehrambenoj, staklarskoj, keramičarskoj i drugim industrijama). Može se upotrijebiti i kao gorivo u termoelektranama.

Plin je ekološki najpovoljnije gorivo i ima u odnosu na ostala fosilna goriva izrazite prednosti pri izgaranju. Za istu količinu proizvedene energije potrebna je tri puta manja masa plina nego ugljena i 50 % manje plina nego mazuta. Količine CO₂ nastale pri tome su u sličnom omjeru. Dušikovi oksidi su jedini štetni polutanti koji nastaju izgaranjem plina, ali još uvijek u manjim količinama nego pri izgaranju ugljena i mazuta. Zanimljivo je i količina SO₂ te krutih čestica stvorenih pri izgaranju plina, u odnosu na količinu stvorenu izgaranjem krutih goriva.

Uz te pogodnosti se u zadnje vrijeme sve više javlja kao i alternativno gorivo za pogon motornih vozila. Upotrebljava se pod nazivom CNG (engl. *compressed natural gas*) ili ukapljen na temperaturi od -162°C LNG (engl. *liquefied natural gas*).

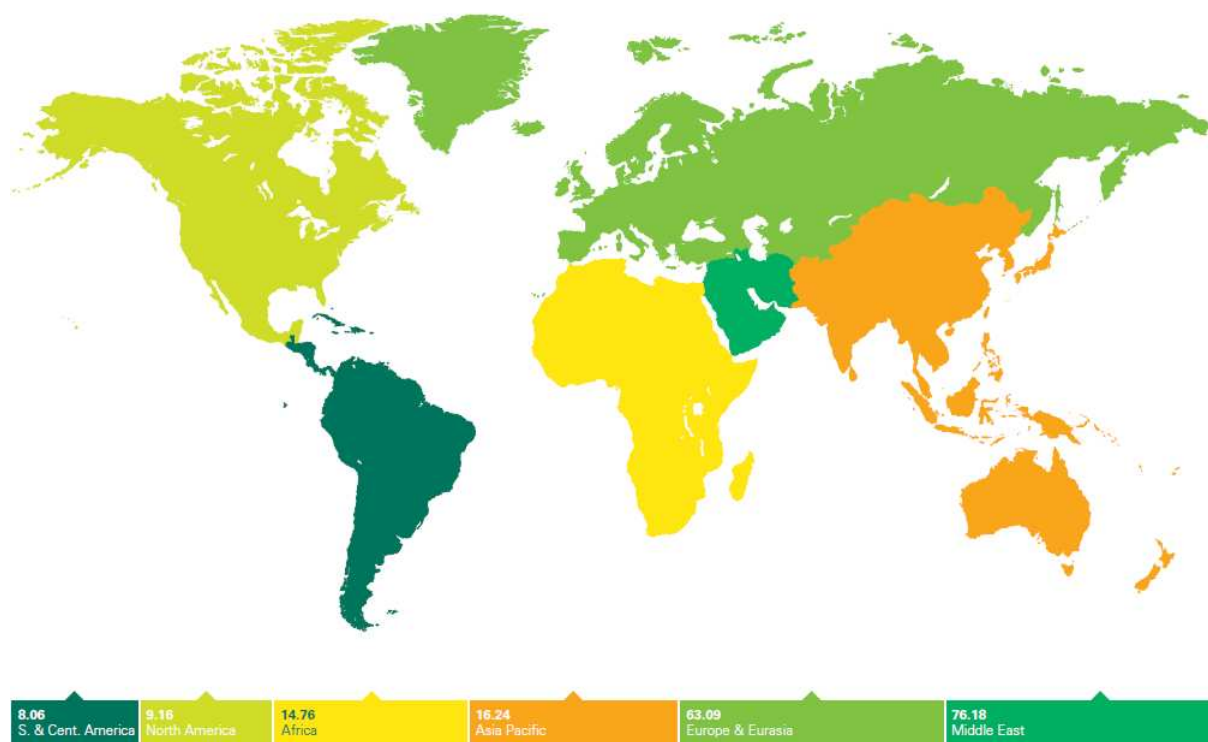
Transportira se u plinovitom stanju cjevovodima, ili u ukapljenom obliku specijalnim brodovima (metanijerama) za ukapljeni prirodni plin; rjeđe u specijalno toplinsko izoliranim cisternama u željezničkom ili cestovnom prometu [2].

2.5. Rezerve, proizvodnja i potrošnja prirodnog plina

2.5.1. Svjetske rezerve, proizvodnja i potrošnja prirodnog plina

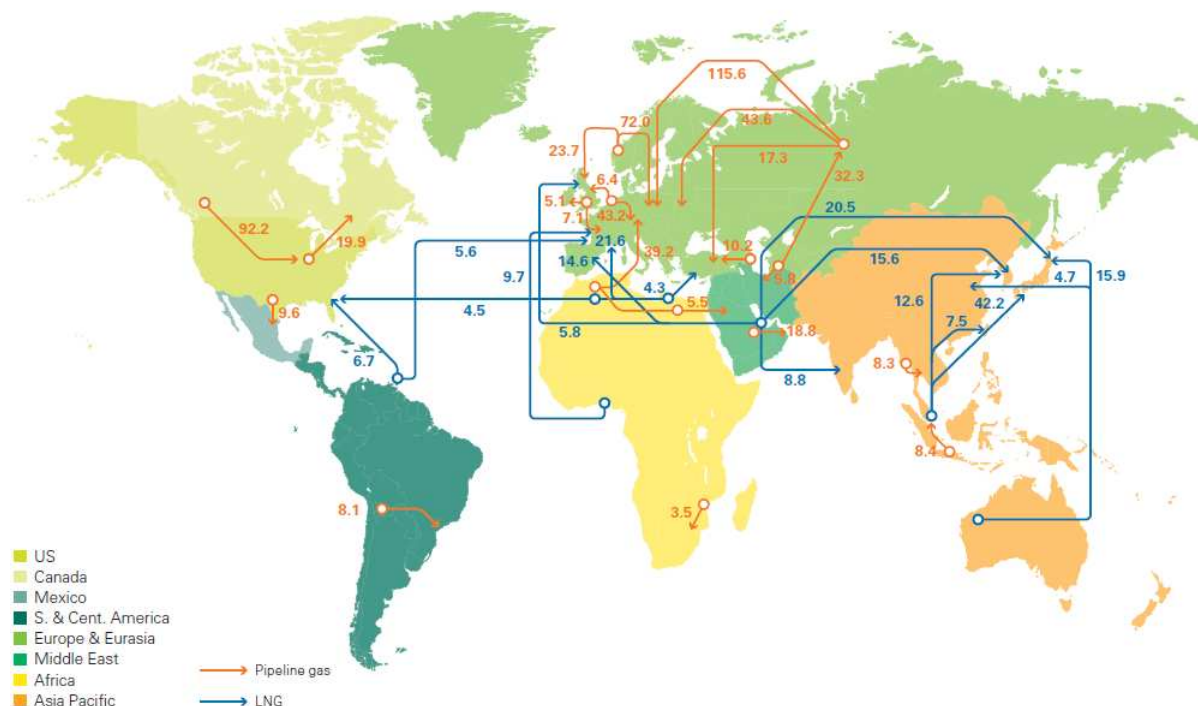
Svjetske zalihe prirodnog plina iznose oko $187,49 \times 10^{12} \text{ m}^3$, a svjetska je godišnja proizvodnja oko $2,987 \times 10^{12} \text{ m}^3/\text{g}^2$.

Na dijagramu (Slika 2.) prikazane su zalihe prirodnog plina po područjima. Slika 3. prikazuje osnovne pravce svjetske trgovine prirodnim plinom.



Slika 2. Zalihe prirodnog plina po područjima u svijetu [6]

² Izvor: BP statistical review of world energy June 2010.



Slika 3. Osnovni pravci svjetske trgovine prirodnim plinom [6]

2.5.2. Domaće rezerve, proizvodnja i potrošnja prirodnog plina

Rezerve prirodnog plina u 2009. godini iznosile su $34\,500,2 \times 10^6 \text{ m}^3$, a proizvodnja prirodnog plina oko $2\,704,8 \times 10^6 \text{ m}^3$.

2.6. Kapaciteti plinskog sustava i mreže u Hrvatskoj

2.6.1. Proizvodnja i prerada

Prirodni plin se proizvodi iz 17 plinskih polja Panona i šest plinskih polja Jadrana čime se podmiruje 64,2 % potreba Republike Hrvatske (Tablica 1.). Najveći dio plina iz Panona dolazi iz ležišta Molve i Kalinovac uz koja su izgrađena postrojenja za preradu i pripremu plina za transport – Centralne plinske stanice Molve I, II i III [7].

Tablica 1. Bilančne rezerve i proizvodnja prirodnog plina (u 10^6 m^3) [7]

| Godina | 1990. | 1995. | 2000. | 2005. | 2006. | 2007. | 2008. | 2009. |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Prirodni plin | | | | | | | | |
| Rezerve | 48 475,3 | 38 878,8 | 29 204,5 | 30 358,6 | 30 110,5 | 40 919,7 | 36 436,1 | 34 500,2 |
| Proizvodnja | 1 982,3 | 1 966,4 | 1 658,5 | 2 283,4 | 2 731,5 | 2 892,1 | 2 847,2 | 2 704,8 |

³ Izvor: Energija u Hrvatskoj 2009.

2.6.2. Skladištenje

Projektirani radni obujam podzemnog skladišta plina Okoli iznosi 553 milijuna m³. Maksimalni kapacitet utiskivanja iznosi 3,8 milijuna m³/dan, a maksimalni kapacitet crpljenja 5,8 milijuna m³/dan [7].

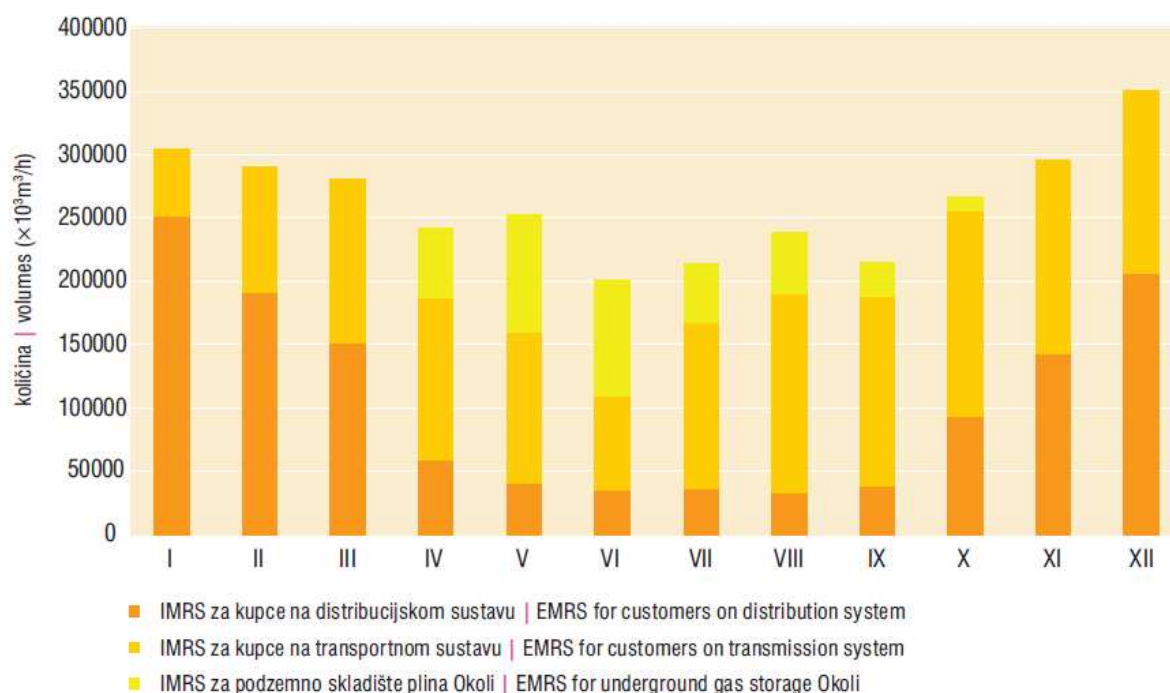
2.6.3. Distribucija

U Hrvatskoj je u 2009. godini poslovalo 38 tvrtki koje su se bavile distribucijom prirodnog plina te jedna tvrtka (Plinara d.o.o., Pula) koja se bavila distribucijom gradskog plina i isparenog UNP-a. Duljina distribucijske plinske mreže za prirodni plin iznosi 17 666 km, a za distribuciju gradskog plina i otparanog UNP-a 99 km, što čini sveukupnu duljinu distribucijske plinske mreže od 17581 km [7].

2.6.4. Transport

Transport prirodnog plina je regulirana energetska djelatnost koja se obavlja kao javna usluga i predstavlja osnovnu djelatnost tvrtke Plinacro d.o.o., Zagreb koja je vlasnik i operator plinskoga transportnoga sustava. Tvrtka Plinacro je u potpunosti u vlasništvu Republike Hrvatske.

U 2009. godini sustavom je transportirano 3,148 milijardi m³ prirodnog plina, od čega 2,777 milijardi m³ od ulaza u transportni sustav do izlaznih mjerno-redukcijskih stanica te ostatak od 370 milijun m³ do podzemnog skladišta plina Okoli. Slika 4. prikazuje strukturu transportiranih količina prirodnog plina prema izlaznim mjerno-redukcijskim stanicama transportnog sustava za mjesece 2009. godine. Transport prirodnog plina u vršnoj potrošnji iznosio je u prosjeku 630 000 m³/h, dok je maksimalna ostvarena predaja plina iznosila 790 000 m³/h. Transportni sustav (Slika 5.) obuhvaća 2 113 km plinovoda, 154 mjesta isporuke plina s 257 mjernih linija te 19 mjesta ulaza u sustav. Transportni sustav omogućuje predaju plina na području 16 županija.



Slika 4. Struktura transportiranih količina prirodnog plina prema izlaznim mjerno-redukcijskim stanicama tijekom 2009. godine [7]

Tijekom 2008. godine na transportni sustav su priključene tri nove mjerno-redukcijske stanice. Osim izgradnje navedenih objekata izgrađen je i plinovod Podrebar–Josipdol DN 500 dužine 26,2 km sa spojnim plinovodom za MRS Ogulin DN 400 dužine 4,1 km, koji predstavlja prvi dio sustava Bosiljevo–Split [7].



Slika 5. Plinski transportni sustav u Republici Hrvatskoj [7]

Na transportni sustav priključeni su:

- plinska proizvodna polja Panona i Sjevernog Jadrana;
- podzemno skladište plina Okoli;
- 37 distribucijskih sustava;
- 27 izravnih plinovoda krajnjih kupaca.

Daljnji planovi jesu (Slika 5.):

- gradnja magistralnog plinovoda Bosiljevo–Split i dalje prema jugu Hrvatske,
- gradnja LNG terminala na Krku (Omišalj) ili u Istri (Plomin), i njegovo spajanje sa spomenutim plinovodom Pula–Karlovac.

3. PLINSKI TRANSPORTNI SUSTAV

3.1. Priprema za transport

Plin se već na plinskim poljima priprema za transport. Na plinskom polju odvajaj se kapljevit ugljikovodici (degazolinaža) i voda (dehidracija) od plina kako zbog pada temperature u plinovodu ne bi došlo do ukapljivanja plina na putu do potrošača ili do postrojenja za konačnu preradu.

Plin se iz bušotine vodi priključnim plinovodom do postrojenja za pripremu plina tzv. plinske stanice. Na plinskom polju Molve u Podravini (najveće nalazište plina u RH) tri su stanice:

- CPS (Centralna Plinska Stanica) Molve I (izgrađena 1980. godine) kapaciteta 10^6 m³/dan,
- Molve II (izgrađena 1984. godine) 3×10^6 m³/dan, i
- CPS Molve III (izgrađena 1992. godine) 5×10^6 m³/dan.

Plinska stanica (Slika 6.) može sadržavati postrojenje za degazolinažu, postrojenje za dehidraciju i kompresorsku stanicu. Po potrebi sadrži još postrojenje za čišćenje plina od CO₂, H₂S i Hg što ovisi o kvaliteti plina i njegovoj daljnjoj upotrebi.



Slika 6. Centralna plinska stanica Molve

Prirodni plin, s obzirom na namjenu, treba zadovoljiti:

1. specifikaciju za komercijalnu distribuciju, odnosno mora imati određenu ogrjevnú vrijednost i čistoću s obzirom na sadržaj čvrstih čestica, CO₂, H₂S, N₂ itd.;
2. ako se plin prebacuje na daljnju preradu (ukapljivanje, odvajanje etana, frakcioniranje), potrebno je sniziti rosište ugljikovodika i vode tako da se spriječe problemi u transportnim cjevovodima (korozija, stvaranje hidrata);
3. ako se prerađuje plin iz plinsko-kondenzatnih ležišta obično se maksimalno uklanjaju teški ugljikovodici.

Nakon pripreme, plin ulazi u plinoopskrbni sustav [2].

3.2. Elementi plinovodnog sustava

Glavni elementi sustava plinovoda jesu sljedeći:

Priključak plinovodne mreže, najčešće lokacija plinskog čvora uz koji se obično nalaze skladišta, pumpe ili kompresori.

Kompresorske stanice, nalaze se duž plinovoda te služe za ujednačavanje i postizanje potrebnih tlačnih uvjeta za daljnji transport plina u bilo kojem od raspoloživih smjerova plinovoda. Lokacija tih postaja je definirana topografijom terena, te uvjetima rada mreže.

Blokadne plinske stanice (BS) imaju ulogu sekcioniranja, odnosno odvajanja pojedinih dionica u slučaju puknuća plinovoda. Prvenstveno imaju sigurnosnu ulogu i iz tog razloga se postavljaju na manjim razmacima u gušće naseljenim područjima, te oko pojedinih objekata gdje postoji veća opasnost od oštećenja cijevi plinovoda, kao što su cestovni prijelazi, pruge, rijeke i slično.

Mjerno-redukcijska stanica (MRS), objekt plinovodnog sustava u čijim uređajima se smanjuje tlak prirodnog plina na tlak distributivne plinske mreže ili neki drugi tlak potreban za potrošače izravno priključene na plinovodni sustav; provodi se mjerenje isporučenih količina plina i po potrebi odorizacija.

Otpremno-prihvatne čistačke stanice (OPČS), stanice se koriste za prihvat i otpremu čistača plinovoda. Čistači plinovoda moraju biti kalibrirani na unutarnji promjer cijevi i svojim prolazom čiste naslage stvorene na stijenci plinovoda. Koriste se i za snimanje debljine stijenke cjevovoda te geometriju cjevovoda (moguća ulegnuća). Na taj način je moguće otkriti točan položaj oštećenja te sanirati cjevovod, čime se osigurava pouzdan i siguran rad.

4. MJERNO-REDUKCIJSKA STANICA

Pri projektiranju mjerno-redukcijske stanice projektant se suočava s raznim inženjerskim problemima. U ovom poglavlju se opisuje zadaća mjerno-redukcijske stanice u sustavu transport prirodnog plina te elementi kojima se ta zadaća izvršava, a čiji način rada i parametre mora poznavati projektant MRS.

4.1. Distribucija i transport

4.1.1. Početak distribucije plina

U ranim danima transporta plina, distribucija je obavljana po vrlo niskom tlaku, tradicionalno oko 2 kPa ili 20 cm vodenog stupca, a često i manje. Kako je plin lokalno bio proizveden na niskom tlaku, to je bilo najekonomičnije rješenje. Osim toga, tehnologija u to vrijeme nije omogućila proizvodnju cijevi i spojnih dijelova za rad na višim tlakovima.

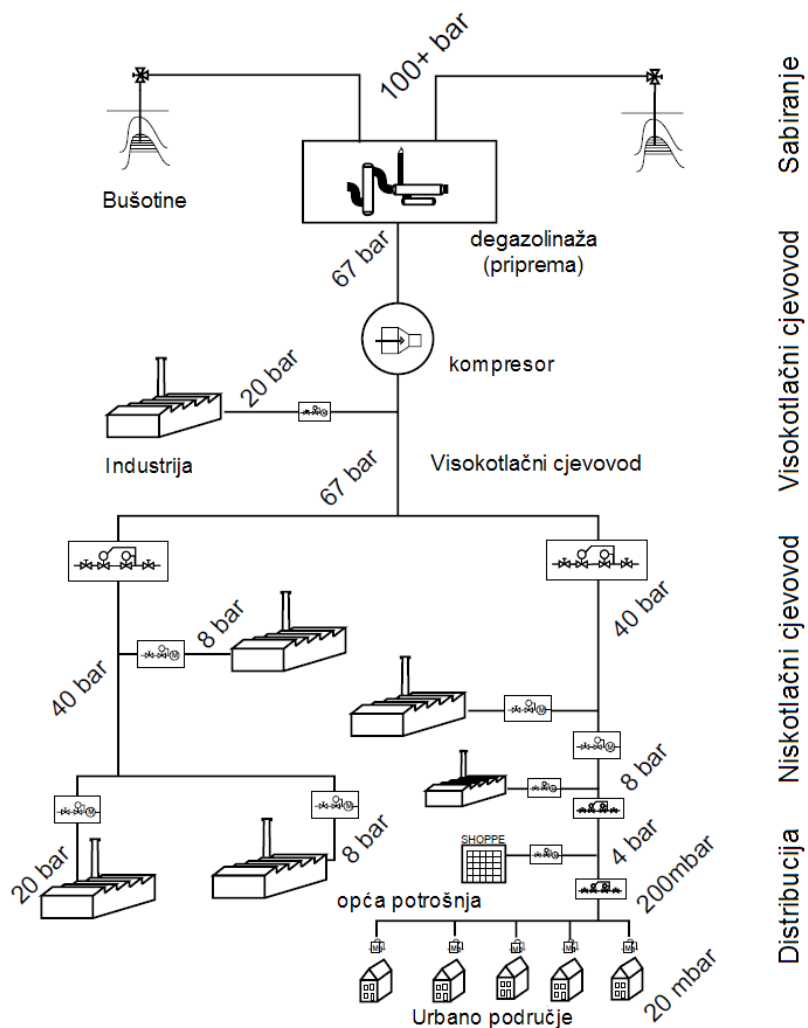
Početkom dvadesetog stoljeća korištenje prirodnog plina postaje vrlo popularno u SAD-u, dok u Europi proizvedeni plin postaje dostupan u velikim količinama. U oba slučaja je tržište u razvoju sve više i više udaljeni od mjesta proizvodnje, što zahtijeva prijenos plina preko neke udaljenosti. Kako je udaljenost preko koje plin može biti transportiran, izravno povezana s tlakom na izvor ili mjestu proizvodnje, došlo je do povećane potražnje za većim tlakom. To je potaklo tehnološki razvoj visoko tlačnih cijevi, spojnica i kompresora. Slika 7 prikazuje primjer modernog transportnog i distribucijskog sustava [8].

4.1.2. Moderno doba distribucije plina

Trenutno, prijenos plina preko više od 100 km se normalno vrši s radnim tlakom od 50 do 100 bar, a za udaljenosti preko 20 km s radnim tlakom između 20 i 50 bara. Gdje se plin distribuira kroz plinsku mrežu kupcima, tlak bi normalno bio manji od 10 bara. U novo razvijenim područjima minimalni radni tlak distribucije je često oko 2 bara. Naime u starijim sustavima, minimalni radni tlak može biti nizak i do 10 mbar.

Kapacitet distribucijskog sustava povećava se povećanjem radnog tlak. Radni tlak je ograničen na maksimalni radni tlak najslabije komponente u sustavu.

Od izvora do korisnika tlak se smanjuje u fazama, maksimalni tlak u svakoj fazi određuje se prema najslabiji komponenta u sustavu podvrgnutoj tlaku te određene faze. Regulacijske stanice oblikuju vezu između pojedinih faza sustava [8].



Slika 7. Primjer modernog transportnog i distribucijskog sustava [8]

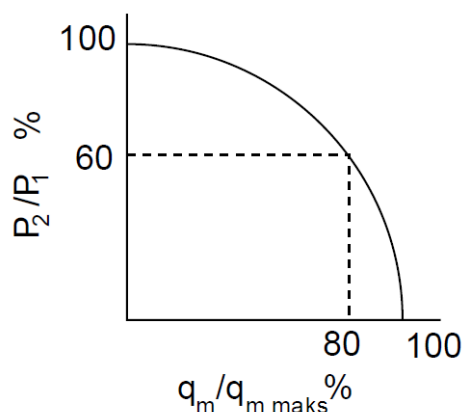
4.1.3. Maksimalni dozvoljeni pad tlaka

Konstrukcija transportnog i distribucijskog cjevovoda je opsežan postupak, koji ovdje nije potrebno navoditi, ali postoji jednostavno pravilo za maksimalni pad tlaka koji je obično prihvatljiv u bilo kojem cjevovodnom sustavu. Kako o tome ovisi raspon ulaznog tlaka u stanicu to pravilo će biti navedeno u ovom radu.

U prvoj aproksimaciji jednačba (1) je za cjevovod s ulaznim tlakom P_1 i izlaznog tlaka P_2 i masenog protoka q_m :

$$\frac{P_2^2}{P_1^2} + \frac{q_m^2}{q_{m \text{ maks}}^2} = 1. \quad (1)$$

U ovoj jednačbi tlakovi su apsolutni i $q_{m \text{ maks}}$ je apsolutni teoretski maksimalni maseni protok. Grafički prikaz jednačbe je četvrtina kruga kao što je vidljivo na slici 8.



Slika 8. Odnos između omjera tlaka i masenog protoka plina [8]

Ako je tok na 80 % svoje maksimalne teorijske vrijednosti, tlak na kraju cijevi već je smanjen na 60 % vrijednosti ulaznog tlak. Svako daljnje povećanje protoka ima veliki utjecaj na izlazni tlak, te će većina operatera izbjegavati rad preko ovih granica. Promjer cjevovoda odabire se tako da gubici tlaka ne prelaze dopuštenu vrijednost.

Minimalni ulazni tlak regulatorske stanice bi, dakle, rijetko bio manji od 60 % radnog tlaka sustava opskrbe [8].

4.2. Mjerno-redukcijska stanica

4.2.1. Funkcija

Općenito, regulacijska stanica obavlja sigurnosnu funkciju: ograničenje tlaka u „nizvodnom“ dijelu sustava na sigurnu vrijednost. U većini slučajeva ova funkcija je osigurana uz dodatne sigurnosne uređaje ili čak i drugi, rezervni regulator. Regulatorske stanice su stoga vrlo pouzdane.

Regulatori i drugi sigurnosni uređaji obično kao radni medij koriste sam plin, sustavi s vlastitom energijom, tako da se ne moraju oslanjati na dovod energije za rad izvana. U nekim stanicama vrši se mjerenje protoka plina tako da i ta funkcija obično utječe na oblik stanice.

4.2.2. Osnovni podaci za projektiranje

Sljedeći parametri su bitni za projektiranje regulacijske stanice:

- maksimalni ulazni tlak,
- minimalni ulazni tlak,
- maksimalni izlazni tlak,
- minimalni izlazni tlak,
- protočna količina plina,
- maksimalna brzina plina.

Ako stanica služi kao i mjerna stanica, sljedeći parametri trebaju biti poznati:

- raspon protoka koji se mjeri,
- zahtijevana točnost mjerenja.

U postojećem transportnom sustavu maksimalni ulazni tlak je poznati parametar koji određuje klasu (tehničke karakteristike) regulatorskog tijela i uzvodnog cjevovoda.

Maksimalni izlazni tlak određuju sigurnosne tolerancije uređaja ili distribucijskog sustava u koji se plin isporučuje. Dimenzije i svojstva instalacije te time i trošak stanice određuje se prema maksimalnom ulaznom tlak, minimalnom ulaznom tlak i maksimalnom protoku.

Za optimalni dizajn dvije posljednje vrijednosti trebaju biti točno poznate. Međutim, u praksi neizvjesnost tih vrijednosti je visoka i tokom vremena promjenjiva. Stoga će stanice općenito biti predimenzionirane više nego što je potrebno kako bi se izbjegla prerana zamjena instalacije [8].

4.2.3. Sigurnosni propisi i zakoni

Korištenjem modernih materijala i dokazanih principa rada današnji regulatori i spojni elementi su vrlo pouzdani i sigurni. Međutim, sigurnosni propisi i zakoni često zahtijevaju ugradnju dodatnih sigurnosnih uređaja. Ovi standardi imaju dugu tradiciju i značajno variraju između zemljama. Prije nego stanica može biti dizajnirana, svi relevantni propisi i standardi moraju biti poznati.

Kontrola kvalitete i osiguranje posuda pod tlakom i cjevovoda se znatno razlikuju među zemljama.

Ekološki problemi su uglavnom povezani sa zaštitom od buke. Ispuštanje plina u atmosferu također može biti regulirano zakonom [8].

4.3. Fizika i termodinamika

Tlak, temperatura i volumen plina su povezane jednačbom stanja plina, za jedan kilomol plina:

$$pV_m = ZR_m T. \quad (2)$$

u kojoj su:

- p apsolutni tlak, Pa
- V_m molarni volumen, m³/kmol
- Z faktor stlačivosti ($Z=1$ za idealan plin),
- R_m opća plinska konstanta, J/(kmolK)
- T apsolutna temperatura, K.

Faktor stlačivosti ovisi o tlaku, temperaturi i sastavu plina. Njegova vrijednost je jednaka 1 pri niskim tlakovima i normalno pada na niže vrijednosti pri višim tlakovima. Za neke prirodne plinove može pasti do 0,6 ili niže u stupnjevima promjene tlaka od 100 bar.

Termodinamički, smanjenje tlaka je izentalpski proces. Kod prigušenja realnih plinova pojavljuje se, pri višim tlakovima, veća ili manja promjena temperature (Joule-Thomsonov efekt). Kao pravilo može se pretpostaviti da za svaki bar smanjenja tlaka temperatura prirodnog plina padne za 0,5°C ovisno o sastavu i stanju plina.

Ako plin nije dovoljno suh, voda i/ili tekući ugljikovodici (plinski kondenzat) se mogu formirati pri niskim temperaturama. Naime prisutnost tekućina je rizik, jer mogu dovesti do formiranja hidrata.

Na dovoljno niskim izlaznim temperaturama, kondenzacija će se pojaviti na vanjskim površinama instalacije. Pri vrlo velikom smanjenju tlaka može doći do formiranja leda na dijelovima instalacije. Da bi se to spriječilo, plin se mora zagrijati prije smanjenje tlaka [8].

4.4. Operativni uvjeti

4.4.1. Kvaliteta plina

Većina distribuiranih plinova ne sadrži korozivne elemente. Međutim količine prašine ili pijeska, nastali tijekom faze izgradnje, mogu biti prisutni. Iako su većina plinova tretira prije transporta (snižavanje rosišta ugljikovodika), može se dogoditi da tekući ugljikovodici pronađu put u sustava. Zato je potrebno ugraditi filtre u sustav. Plinovi bi trebali imati nisku točku rosišta vode kako bi se spriječilo formiranje hidrata. Voda također povećava rizik od korozije.

4.4.2. Dostupnost i održavanje

Nakon sigurnosti, kontinuitet opskrbe je u većini slučajeva od iznimne važnost. Osim što mora biti pouzdana, stanica treba biti oblikovana za održavanje bez potrebe prekida opskrbe plinom kupca. Praktično rješenje je izgradnja stanice koristeći dvije istovjetne redukcijske linije od kojih jedna služi kao rezerva.

4.4.3. Električna sigurnost i opasnosti

U dobro projektiranoj i izgrađenoj plinskoj regulacijskoj stanici ne bi trebalo dolaziti do curenja plina. Ispusti iz filter izmjenjivača i sigurnosnih ventila se odvođe putem cijevi van stanice. Jedini trenutak kada se može očekivati nastajanje eksplozivne smjese je tijekom održavanja, a i tada samo u kratkom periodu demontaže i zamjene dijelova instalacije.

4.4.4. Izgradnja

Većina instalacija trenutno su dizajnirani tako da se montiraju na skid koji je položen i učvršćen izravno na poprečne nosače podne konstrukcije kontejnera. Kompletan sustav je sastavljen i testiran u tvornici. Rad na terenu je ograničen u najvećoj mogućoj mjeri.

4.4.5. Buka i vibracije

Većina buke u redukcijskoj stanici je uzrokovana prolaskom plina velikom brzinom kroz regulator. Zvuk se prenosi na cijevi koje ga zauzvrat šire u okoliš. Buka u stanica, dakle izvire ne samo iz regulatora, već također iz cijevi, posebno u nizvodnom dijelu cjevovoda.

Postoji nekoliko načina za smanjenje buke.

Uglavnom se u redukcijsku liniju ugrađuju razni tipovi prigušivača. Neki regulatori imaju posebne kaveze koji postepeno smanjuju brzinu protoka plina. Neki imaju ventile različite konstrukcije s istim ciljem. Svi regulatori s prigušivačem su veći i skuplji.

Deblje stijenke cijevi i veći promjer općenito pomaže pri smanjenju buke te postavljanje vanjske izolacije, posebice na nizvodnom dijelu cjevovoda.

4.5. Oprema mjerno-redukcijske stanice

4.5.1. Raspored opreme

Slika 9. prikazuje općeniti raspored i popis opreme na mjerno-redukcijskoj stanici.

Slavine se ugrađuju na dijelu distribucijskog cjevovoda od i do stanice kako bi bilo moguće ugraditi stanicu u sustav bez zaustavljanja distribucijske mreže.

Konfiguracija stanica mogu se razlikovati ovisno o okolnostima, aplikaciji, te zakonima i propisima koji se primjenjuju. U svim slučajevima postojat će ulazna slavina i regulator, te u većini slučajeva također: ispušni ventil, sigurnosni ventil i blokadni ventil [8].

Kako bi se održala konstantna opskrba plinom, rezervna instalacija se montira paralelno uz radnu. U tom slučaju obje linije moraju biti opremljen izlaznom slavinom.

Ovisno o stanju opskrbe mreže i zahtijevanoj pouzdanost, filter može biti instaliran. Filtriranje može biti vrlo jednostavno, ako je potrebno samo sprječavanje prolaska nečistoća koje bi mogle oštetiti regulator. Međutim, ako se stanica koristi i za mjerenje, ugrađuju se filteri koji eliminiraju čestice veličine već od 3 do 5 mikrometara.

Za veće stanice obično će biti instaliran zaseban sigurnosni uređaj. U nekim zemljama je potreban još jedan, neovisan sigurnosni uređaj, kao rezerva za prvi. Taj drugi sigurnosni uređaj često mora i raditi na drugačijem principu od primarnog sigurnosnog uređaja. Sigurnosni uređaj mora biti u mogućnosti zaštititi postrojenje od povećanja izlaznog tlaka iznad sigurne vrijednosti u slučaju potpunog neuspjeha radnog regulatora.

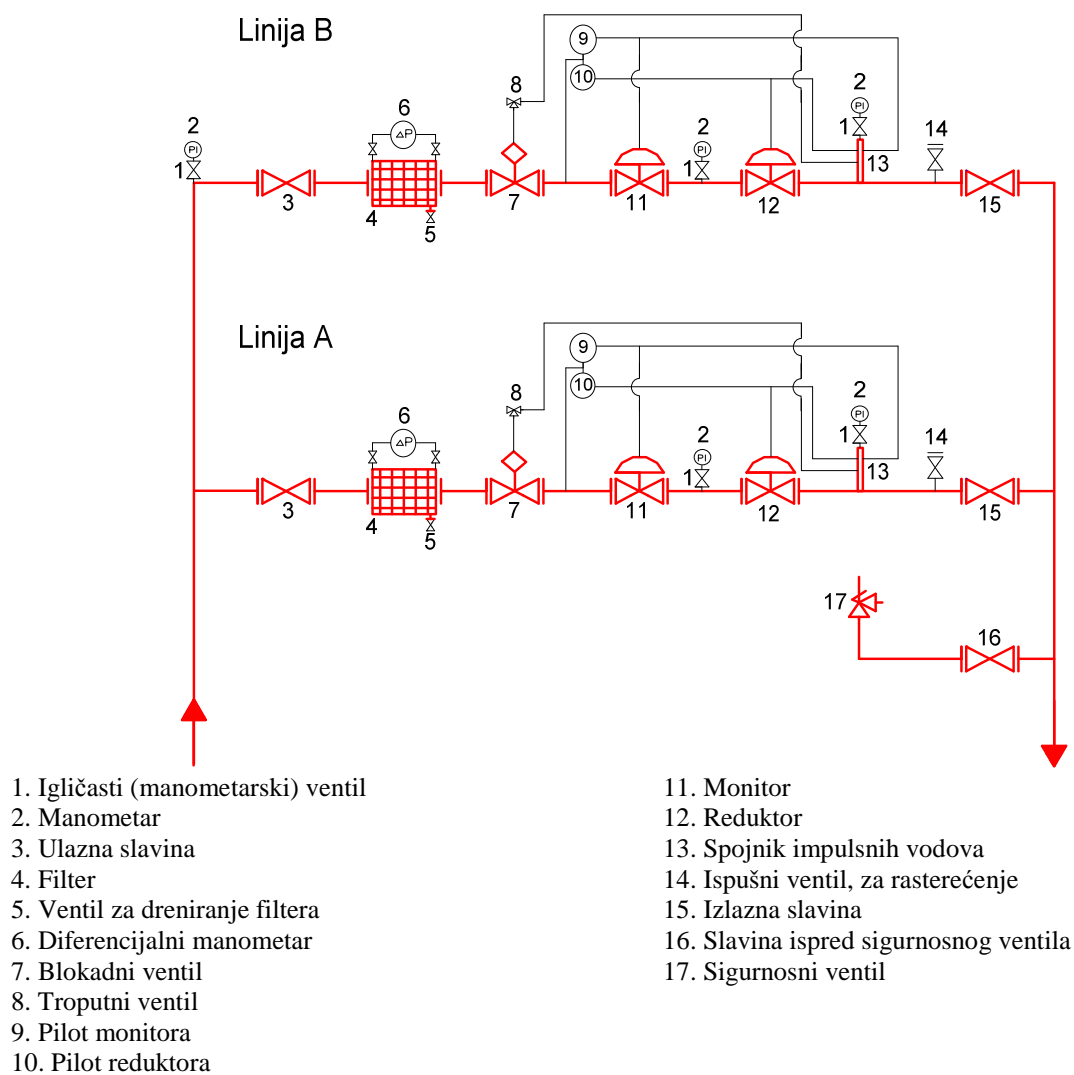
To se može ostvariti:

- kontrolnim regulatorom⁴, koji preuzima funkciju primarnog radnog regulatora,
- blokadnim ventilom, koji zatvara protok plina,
- ispušnim ventilom, oblikovanim za oslobađanje plina koji prolazi kroz regulator pri maksimalnom ulaznom tlaku,
- aktuatorom spojenim na ulazni cjevovod.

Ako se vrši zagrijavanje plina potrebno je instalirati izmjenjivač topline i bojler.

Mjerni senzori protoka, manometar i termometar se obično instaliraju nizvodno od regulatora [8].

⁴ Poznat u terminologiji naše plinske industrije kao *monitor regulator* ili samo *monitor*.



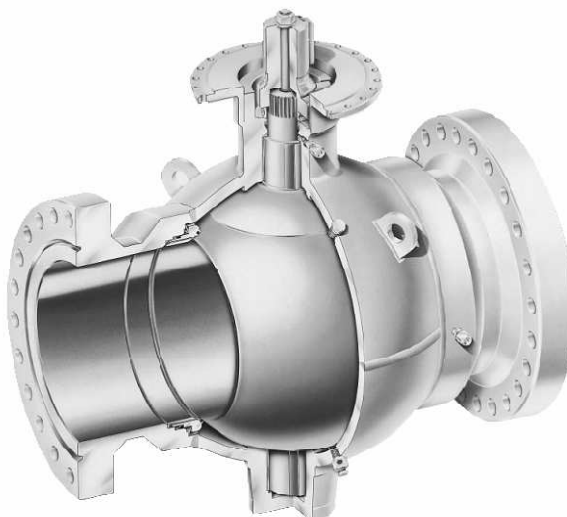
Slika 9. Oprema mjerno-redukcijske stanice [9]

4.5.2. Dimenzije cijevi

Dimenzije cijevi u redukcijskoj stanici obično su izabrane za ograničenje brzine strujanja plina do oko 20 m/s. Ulazni cjevovod je dimenzioniran ovisno o maksimalnom protoku plina pri minimalnom ulaznom tlaku. Za vrlo niski radni tlak (< 25 mbar), brzina plina je ograničena na 10 m/s kako bi se izbjegao preveliki pad tlaka.

4.5.3. Slavine

Slavine (Slika 10.) imaju funkciju potpunog zatvaranja protoka plina kada je to potrebno. Koriste se kuglaste slavine s punim otvorom, jednakog nazivnom promjeru plinovoda. Poboljšane tehnike proizvodnje su učinile ove slavine jeftinijim, te time isplativijim naprema ostalim modelima.



Slika 10. Slavina

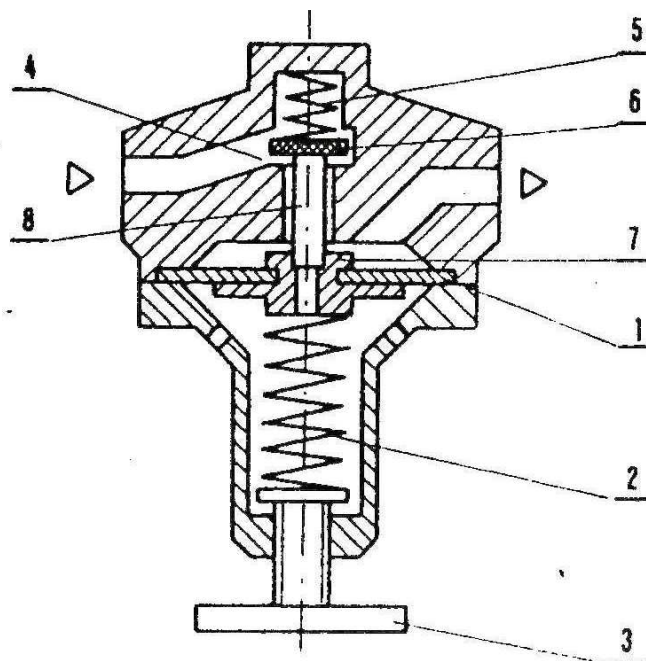
4.5.4. Regulatori

Regulator tlaka osigurava stabilan željeni (podešeni) radni tlak. Plinski regulatori tlaka razlikuju se od kontrolnih ventila, kao što se koristi u procesnoj industriji, činjenicom da oni ne koriste vanjski izvor energije. Umjesto toga, oni koriste oprugu ili plin da generiraju snagu potrebnu za rad ventila (sustavi s vlastitom energijom). Kao rezultat toga su brži i pouzdaniji.

Današnji regulatori tlaka uglavnom se mogu podijeliti u dvije glavne skupine: oprugom regulirani (izravnim djelovanjem), ili vođeni pilotom.

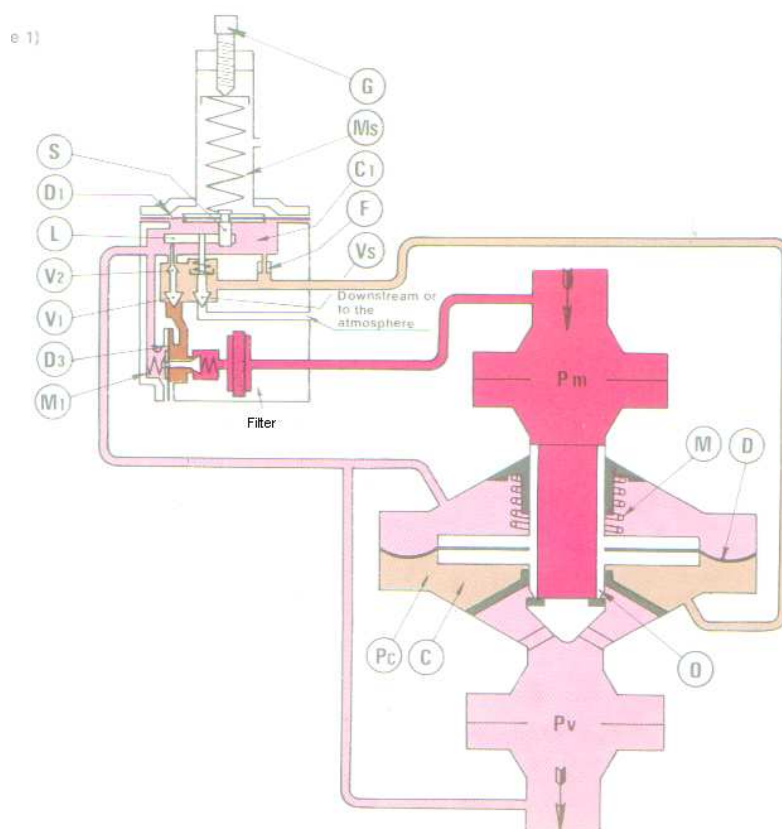
Slika 11. prikazuje pojednostavljeni crtež tipičnog regulatora s oprugom. Tlak na izlazu regulatora podešava se vijkom (3) kojim se mijenja sila u opruzi (2). Pod djelovanjem opruge otvara se ventil (6) i propušta zrak prema izlazu regulatora, povećavajući izlazni tlak. Kad tlak na izlazu poraste, on djeluje na membranu (1) tako da se ventil pritvara i smanjuje protok, čime se izlazni tlak smanjuje. Prilikom značajnijeg porasta izlaznog tlaka membrana se sve više savija, tako da se ventil najprije potpuno zatvori i prekine protok, a daljnjom deformacijom otvara se prolaz zraka (7) kroz membranu od izlaza regulatora prema atmosferi. Kao rezultat ostvaruje se konstantna razina tlaka zraka na izlazu regulatora [10].

Pilot je uređaj koji na temelju vrijednosti izlaznog tlaka daje nalog blokadnom ventilu, monitoru ili regulatoru za reakciju. Postoji više tipova regulatora s pilotom. Slika 12. prikazuje regulator tlaka s pilotom.



1 – membrana, 2 – opruga, 3 – vijak, 4 – ulazni tlak, 5 opruga, 6 – pladanj ventila, 7 – otvor za atmosferski zrak, 8 – vreteno ventila

Slika 11. Regulator tlaka [10]



D – membrana, D₁ – membrana pilota, F – kalibrirani otvor, G – kalibrirajući vijak, L – poluga, M – opruga, M₁ – opruga, M_s – opruga pilota, O – vreteno ventila, P_c – tlak, S – vreteno, V₁ – napojni ventil, V₂ – ventil, V_s – drenažni ventil.

Slika 12. Regulator tlaka s pilotom [11]

U uvjetima ravnoteže, pilot se automatski podešava tako da se napajanje kroz ventil (V_1) kompenzira za ispuštanje (rasterećenje) kroz kalibrirani otvor (F) i ventil (V_2). Pozicija ventila (O) ostaje fiksna, ima fiksno opterećenje na membranu (D) što uzrokuje regulirajući tlak (P_c) koji balansira izlazni tlak (P_v) koji se povećava opterećenjem opruge (M) koja djeluje na drugoj strani membrane (D).

Zbog gore navedenog je regulirajući tlak (P_c) veći od izlaznog tlaka (P_v). Svaka promjena izlaznog tlaka (P_v) djeluje na pilot, zbog toga što dolazi do promjene između sila koje djeluju na suprotnim stranama membrane pilota (D_1). Te sile su predstavljene pomoću opterećenja nastalog uslijed izlaznog tlaka (P_v), a izlazni tlak nastaje zbog kalibracijske opruge (M_s).

Naprimjer, povećanje (P_v) koje nastaje uslijed sile koja je veća od sile opruge (M_s), uzrokuje podizanje membrane (D_1) koja prenosi svoje kretanje na polugu (L) kroz vreteno (S) što pomiče ventile (V_1) i (V_2).

Ventil (V_1) se kreće prema zatvorenoj poziciji zatvarajući protok plina. Tlak (P_c) koji, kako smo ranije spomenuli prelazi tlak (P_v), smanjuje se tako da tamo dolazi do prijelaza plina iz komore (C) u komoru (C_1) kroz kalibrirani otvor (F) i ventil (V_2).

Tlak (P_v) i opruga (M) prelaze tlak (P_c) i pokreću ventil (O) prema njegovoj zatvorenoj poziciji sve dok se kalibrirana vrijednost ne regulira. Umjesto toga smanjenje izlaznog tlaka (P_v) do kojeg dolazi zbog primjene sile koja je manja od sile opruge (M_s) uzrokuje spuštanje membrane (D_1) te zbog toga i zatvaranje drenažnog ventila (V_2) i simultanog otvaranja napojnog ventila (V_1).

Na taj način dolazi do povećanja regulacijskog pritiska (P_c), te zbog toga otvaranje ventila (O) čime se uspostavljaju raniji radni uvjeti. U slučaju da se regulator brzo zatvori, dodatni hod membrane (D) prema gore, koji pokreću polugu (L) na osovini (V_2), uzrokuje otvaranje drenažnog ventila (V_s) što ubrzava prijelaz tlaka (P_c) (na izlazu ili u atmosferu) smanjujući vrijeme reagiranja ventila (O) [11].

Regulatori s pilotom se koriste za velike kapacitete. Oni su brzi i izlazni tlaka je praktično neovisan o brzini protoka plina i veličini ulaznog tlak.

Većina regulatora su modularne konstrukcije. Jedno tijelo regulatora može biti opremljeno s različitim veličinama ventila, opruga, membrana te dodatnim opcijama. Ove opcije su uglavnom vezana za sigurnost, uz ugradnju blokadnih i ispušnih ventila.

4.5.5. Filter

Filter je dizajniran da pročisti plin ili zrak prije nego što dođe do opreme koja zahtjeva očišćeni medij da bi mogla pravilno raditi. Filter sprječava da razne nečistoće: poput odlomljene boje, prašine i zemlje, metalni otpadci od cjevovoda i nešto vlage dođu do osjetljive opreme koju filter zaštićuje.

Filter se sastoji od tkanine poliestera koja uklanja čestice prašine do 3 – 5 mikrona. Uložak filtera koji se nalazi u kućištu je dizajniran da podnese diferencijalni pritisak koji nastaje između ulaska i izlaska plina kroz filter. Za standardni uložak diferencijalni pritisak je 1bar, te se ne smije prekoračiti za vrijeme normalnog rada postrojenja. Pošto se tokom rada opreme filter uložak može začepiti zbog nečistoća u plinu, kad se dosegne maksimalni diferencijalni tlak, potrebno je uložak promijeniti.

Filter treba postaviti na mjesto s dovoljnim razmakom od već postojeće opreme ili strukture objekta kako bi se omogućila bezopasna i efektivna radna površina, i da prilaz filteru omogućuje slobodan prilaz za čišćenje, inspekciju i održavanje filtera [8, 9].

4.5.6. Monitor regulator

Svrha monitora je zaštita postrojenja od mogućeg povećanja tlaka do kojeg može doći zbog greške u radu glavnog regulatora. U tom slučaju regulaciju plina preuzima monitor. Monitor se ugrađuje ispred regulatora a regulira ga izlazni tlak radnog regulatora. Kada izlazni tlak radnog regulatora prijeđe tolerantne granice istog u rad se uključuje monitor regulirajući tlak podešen na nešto veću vrijednost tlaka. Tijekom normalnog rada monitor će biti potpuno otvoren.

Spoj regulatora i monitora izveden je putem specijalnog kalema (engl. "spool") koji omogućuje znatno smanjenje ukupnih dimenzija. Specijalni kalem spaja monitor na glavni regulator [9].

4.5.7. Blokadni ventil

Blokadni ventil je sigurnosni uređaj koji u slučaju povećanja izlaznog tlaka iznad podešene vrijednosti prekida protok plina. Mogu biti ugrađeni samostalno ili u sklopu regulatora. Blokadni ventil mora se ručno deblokirati na licu mjesta.

4.5.8. Ispušni ventil

Ispušni ventil je sigurnosni uređaj koji u slučaju nepotpunog zatvaranja ventila regulatora oslobađa višak plina u atmosferu. Mogu biti ugrađeni samostalno ili u sklopu regulatora. Trebaju biti dizajnirani za uvjete u najgorem slučaj: maksimalni ulazni tlak i potpuno otvoreni ventile regulatora i monitora.

Ispust iz sigurnosnog ispušnog ventila bi trebao biti na udaljenom mjestu. Normalno se ispust postavlja na određenu visinu iznad instalacije ili, u zatvorenim instalacijama, na određenu visinu iznad krova.

4.6. Parametri rada

Općenito vrijednosti parametara različitih regulacijskih i sigurnosnih uređaja postavljaju se prema sljedećem konceptu.

U normalnom radu regulator obavlja svoju funkciju. Zadane vrijednosti od monitor regulatora (ako je instaliran) postavljene su nešto viši, tako da kada regulator zakaže, monitor preuzima regulaciju i ograničava tlak. Ako ne postoji potrošnja, regulator i monitor se zatvaraju. Ispušni ventil se instalira za rad pri tlaku nešto iznad tlak zatvaranja monitora. Sigurnosni blokadni uređaji obično su postavljeni na najviši tlak, kako bi se izbjeglo obustavljanje dostave kupcu bez prijekne potrebe. Ako su dvije instalacije postavljeni paralelno, regulator druge instalacije postavljen je na niži tlak od radnog regulatora prve. Sigurnosni uređaji, međutim, moraju se postaviti na istu vrijednost kao ili na veću vrijednost u odnosu na primarnu instalaciju.

Najveći tlak u nizvodnom dijelu sustava je određen parametrima posljednjeg sigurnosnog uređaj. Radni tlak ovog posljednjeg uređaja stoga ne bi trebao prelaziti tolerancije najslabije komponente ugrađene nizvodno od instalacije. Stvarni radni tlak će biti znatno manjeg iznosa [8, 9].

5. PROJEKT TIPSKE MJERNO-REDUKCIJSKE STANICE

Uvidom u strukturu postojećih mjerno-redukcijskih stanica koje se nalaze u transportnom sustavu poduzeća Plinacro d.o.o. nameće se potreba izgradnje tipske mjerno-redukcijske stanice, s dvije redukcijsko-mjerne linije kapaciteta $2 \times 4000 \text{ m}^3/\text{h}$, smještene u čelični kontejner standardnih dimenzija (slike 13. i 14.). Ovako projektirana MRS odgovara u 69 % slučajeva postojećih zahtjeva za isporukom plina i mora biti projektirana i izvedena krajnje jednostavno i funkcionalno, ali tako da zadovolji većinu potencijalnih zahtjeva za isporukom prirodnog plina. Ovisno o konkretnim potrebama izrađivat će se i isporučivat s jednom ili dvije neovisne redukcijske-mjerne linije.

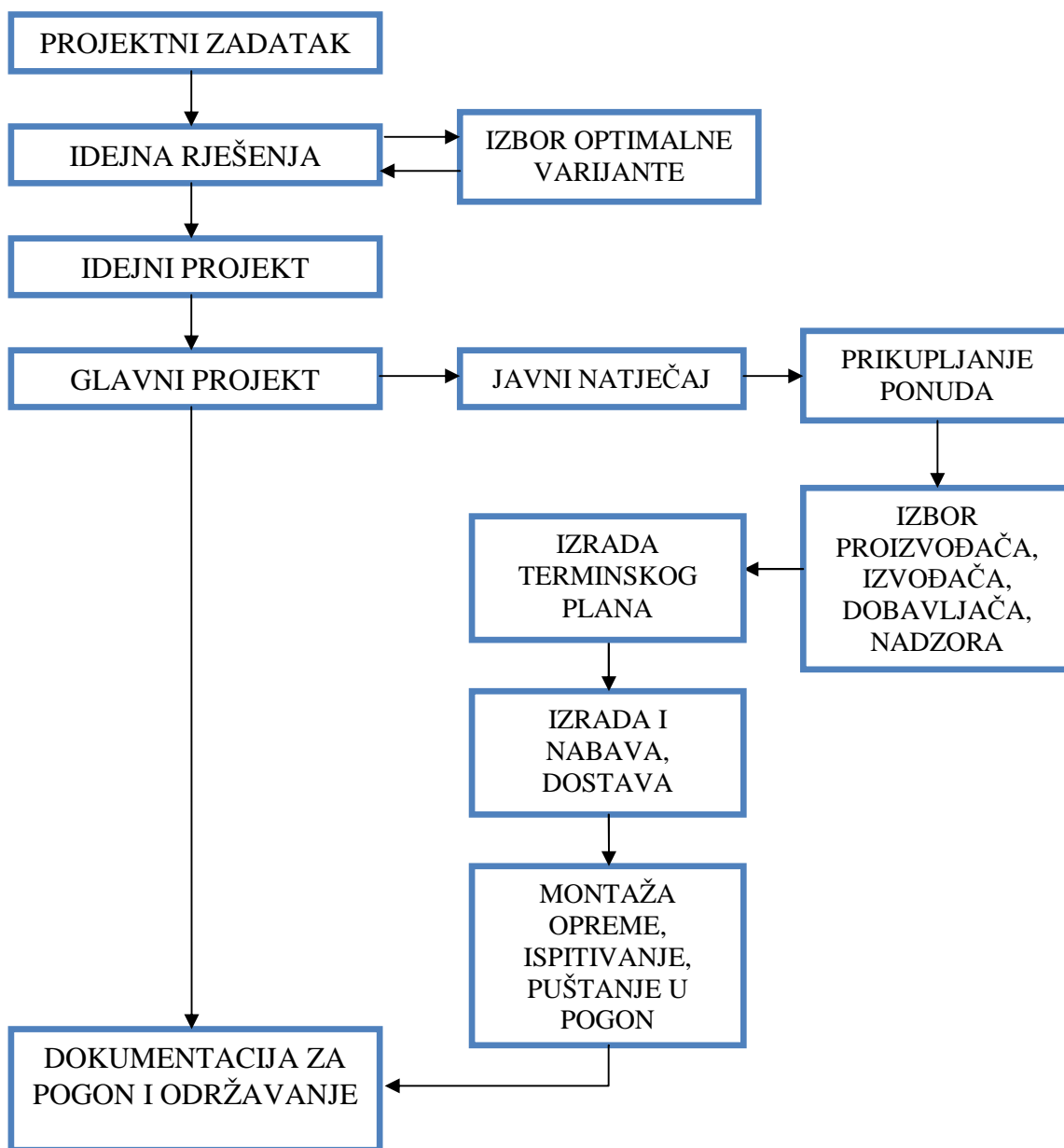


Slika 13. Tipska mjerno-redukcijska stanica



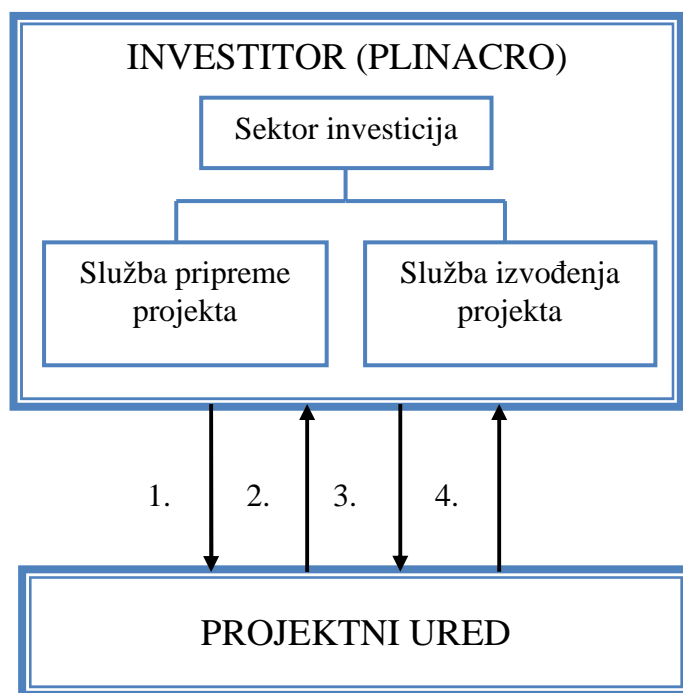
Slika 14. Unutrašnjost tipske mjerno-redukcijske stanice

Proces projektiranja MRS obuhvaća uobičajene faze projektiranja industrijskog postrojenja. Slika 15. prikazuje faze projektiranja. Detaljan pregled pojedinih faza je prikazan u nastavku poglavlja.



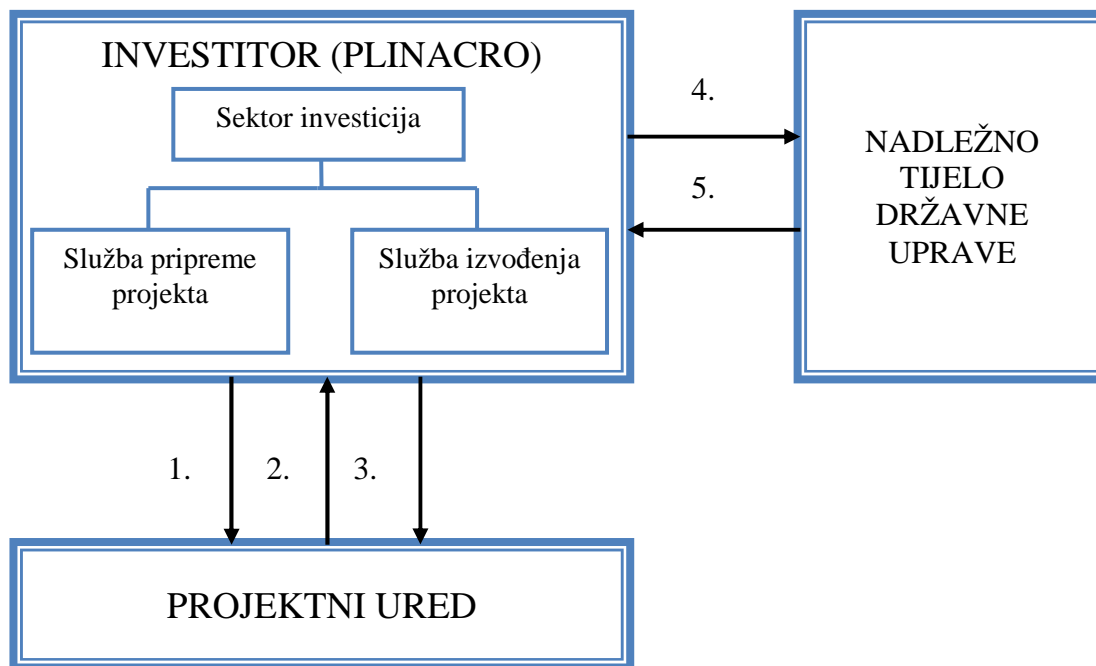
Slika 15. Proces projektiranja industrijskog postrojenja

Faze izrade projekta prikazane su na sljedećim slikama. U prvoj fazi (Slika 16.) investitor, Plinacro d.o.o., izrađuje projektni zadatak, u kojem se navode osnovni zahtjevi na projekt (tehnički, ekonomski, vremenski, pravni), na temelju kojega će projektni ured izraditi idejni projekt. U drugoj fazi (Slika 17.) investitor prihvaća idejni projekt i daje nalog za izradu glavnog projekta. U trećoj fazi (Slika 18.) se vrši izbor izvođača, nadzornog tijela i sklapanje ugovora.



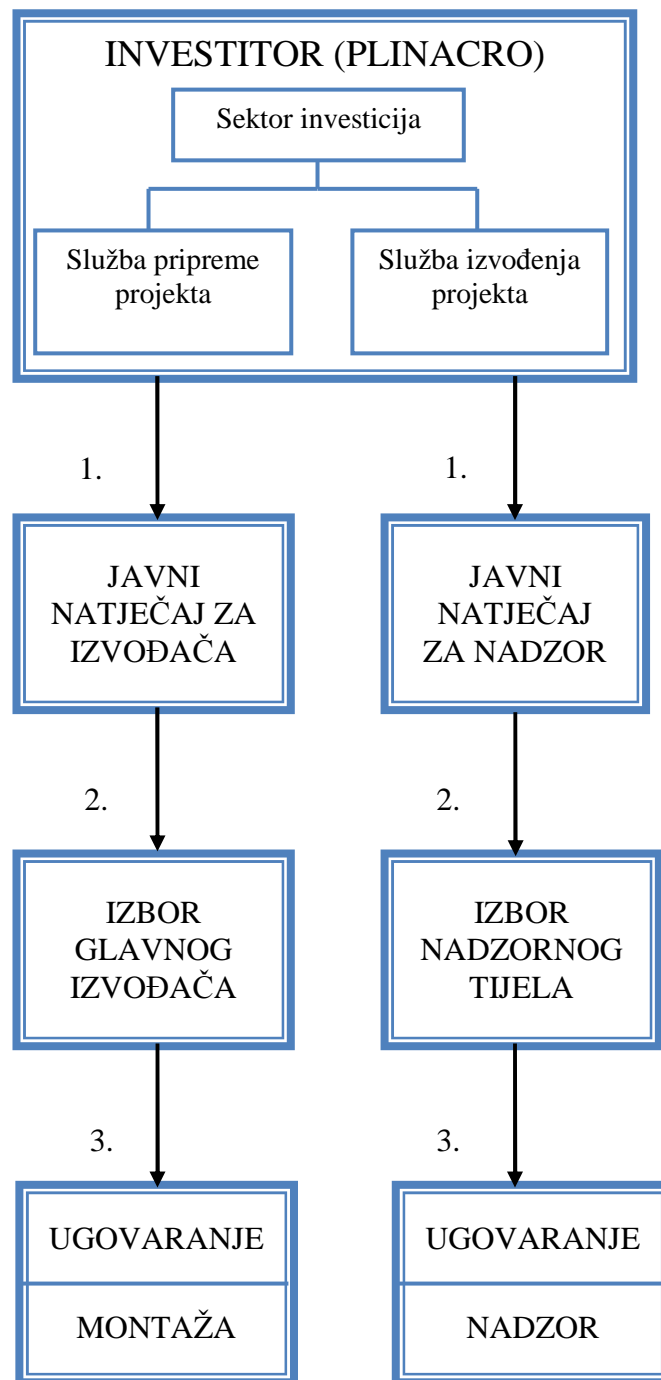
Slika 16. Faza 1: Izrada idejnog projekta

1. Investitor, Plinacro d.o.o., izrađuje projektni zadatak i daje nalog za izradu idejnog projekta projektnom uredu.
Projektni zadatak sadrži:
 - a) Tehnički dio:
 - strojarsko – tehnološki opis projekta,
 - elektro energetske opis,
 - nadzor i upravljanje procesom,
 - građevinski dio.
 - b) Uvjete projektiranja i propise.
2. Projektni ured izrađuje idejni projekt u skladu s projektnim zadatkom. Tehnički crteži izrađuju se u AutoCAD, softverski alat tvrtke Autodesk za projektiranje potpomognuto računalom.
3. Sukladno projektnom zadatku i već ranije isporučenim MRS, te u skladu s razvojem plinske mreže Republike Hrvatske izvršena je izmjena i dopuna projektnog zadatka. Izmjena obuhvaća dopune mjernog dijela stanice, kotlovnice i građevinskog dijela. Predaje se nalog za reviziju uz obrazloženje.
4. Izrada nove verzije idejnog projekta uvažavanjem izmjena i dopuna koje je dao investitor.



Slika 17. Faza 2: Izrada glavnog projekta i ishođenje tipskog projekta

1. Nakon prihvaćanja revidiranog idejnog projekta investitor daje nalog za izradu glavnog projekta.
2. Projektni ured izrađuje glavni projekt (početna varijanta).
3. Obavijest o prihvaćanju.
4. Slanje glavnog projekta nadležnom tijelu državne uprave (Ministarstvo gospodarstva) u svrhu izdavanja tipskog odobrenja.
5. Rješenje o tipskom odobrenju.



Slika 18. Faza 3: Proces izbora izvođača i izvršenje ugovora

1. U skladu sa Zakonom o Javnoj nabavi, raspisuje se javni natječaj za glavnog izvođača radova i nadzornog tijela.
2. Izbor izvođača radova i nadzora obavlja se na temelju zadovoljavanja tehničkih elemenata ponude u skladu s natječajnom dokumentacijom. Uz uvjet pravnog i tehničkog zadovoljavanja natječajne dokumentacije, odlučujuća je najniža cijena ponude (financijski uvjeti).

3. Potpisivanje ugovora i zapisnika o uvrštenju u posao. Izrada terminskog plana. Izvršenje ugovora u skladu s glavnim projektom (tipskim odobrenjem) i terminskim planom:

- nabava opreme,
- nabava cijevnog materijala,
- izrada kontejnera,
- montažni radovi.

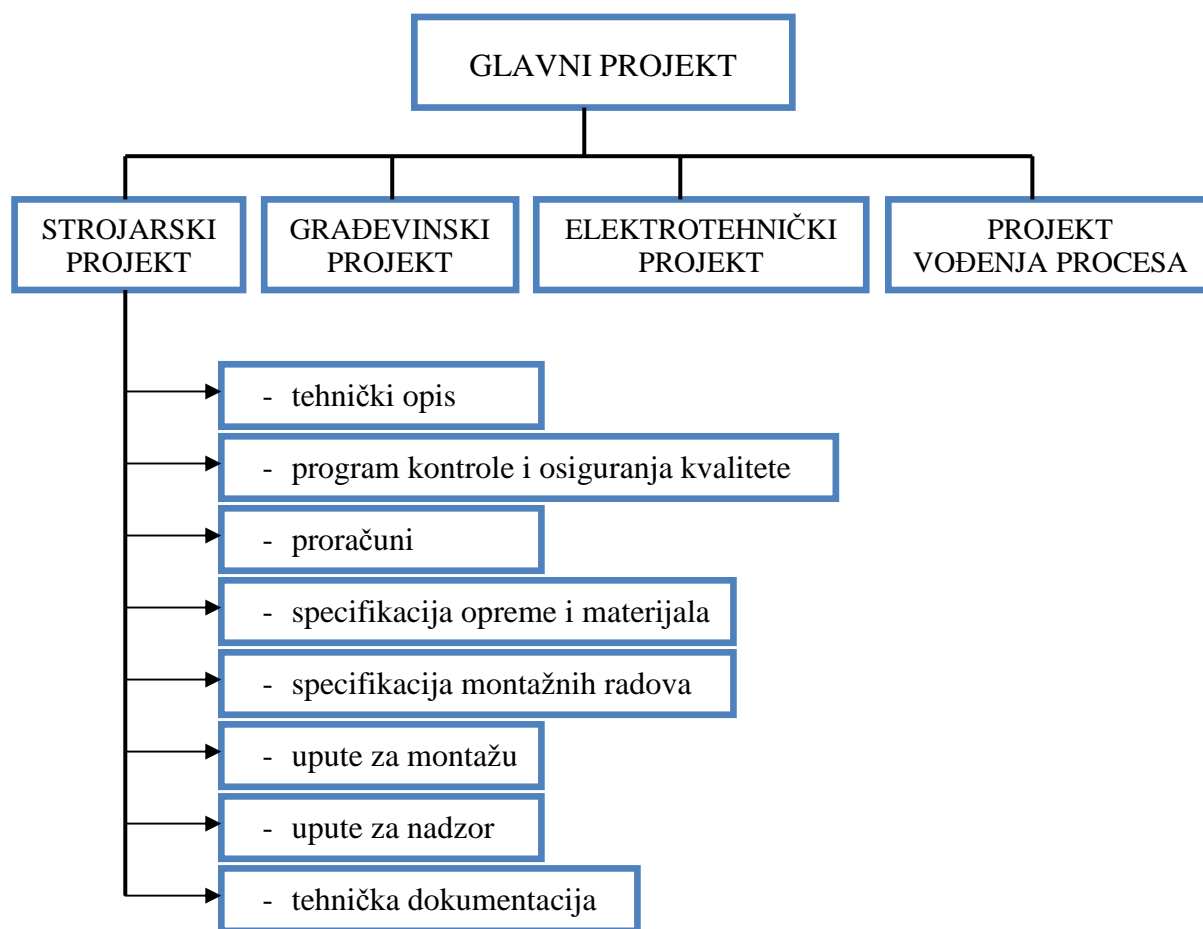
U sklopu montažnih radova izvođač se obvezuje izvršiti:

- izradu cijevne mreže,
- radiografiju,
- tlačne probe zavarenih komada (ispitivanje na čvrstoću),
- antikorozivnu zaštitu,
- postavljanje izolacije,
- elektro radove u kontejneru,
- montaža opreme,
- poslove nadzora i upravljanja montaže,
- proces spajanja opreme,
- tlačna proba na nepropusnost,
- bojenje,
- pregled od strane nadzora,
- isporuku,
- primopredajne zapisnike.

5.1. Tehnički dio

Komponente tehničkog dijela projekta (

Slika 19.) proizlaze iz strukture proizvoda. Sa pogleda montaže najzanimljiviji dio glavnog projekta je strojarski projekt u kojemu se navode specifikacije montažnih radova i upute za montažu strojarske opreme.



Slika 19. Komponente strojarskog projekta mjerno redukcijske stanice

5.1.1. Strojarsko tehnološki dio

➤ Mjerno–redukcijski dio

MRS treba projektirati kao stanicu kontejnerskog tipa, konstruiran od dvije prostorije, kotlovnice i mjerno–redukcijskog dijela, u koje moraju biti smještene sve potrebne instalacije i uređaji.

Glavni projekt treba izraditi prema sljedećim ulaznim podacima:

| | | | |
|--------------------------------|----------------|-------|-------------------|
| • maksimalni ulazni tlak | $P_{ul maks}$ | =50 | bar |
| • minimalni ulazni tlak | $P_{ul min}$ | =20 | bar |
| • izlazni tlak linije „A“ | $P_{izl A}$ | =3/4 | bar |
| • izlazni tlak linije „B“ | $P_{izl B}$ | =3-17 | bar |
| • ulazna temperatura plina | T_{ul} | =5-10 | °C |
| • izlazna temperatura plina | T_{izl} | =5-10 | °C |
| • izlazni kapacitet linije „A“ | $Q_{maks A}$ | =4000 | m ³ /h |
| • izlazni kapacitet linije „B“ | $Q_{maks B}$ | =4000 | m ³ /h |
| • medij | prirodni plin. | | |

Svaka linija treba biti izvedena sa svim regulacijskim, sigurnosnim i mjerni uređajima koji će omogućavati siguran i nesmetan rad stanice, kada ista bude u eksploataciji.

Redukcijsko-mjernu liniju „A“ opremiti:

- filter-izmjenjivač topline sa zaobilaznim vodom, diferencijalni manometar za kontrolu začepljenosti uložaka filtera,
- radna redukcijska linija; blokadni ventil, monitora, regulator s prigušivačem,
- rezervna redukcijska linija; blokadni ventil, regulator,
- mjerna linija s mjerilom, obilaznim vodom i korektorom,
- zaobilazni vod mjerne linije.

Redukcijsko-mjernu liniju „B“ opremiti:

- filter-izmjenjivač topline sa zaobilaznim vodom, diferencijalni manometar za kontrolu začepljenosti uložak filtera,
- radna redukcijska linija; blokadni ventil, monitor, regulator s prigušivačem,
- rezervna redukcijska linija; blokadni ventil, regulator,
- mjerna linija s mjerilom i korektorom,
- zaobilazni vod mjerne linije.

Ulazne i izlazne slavine moraju biti konusne, dok ostale moraju biti kuglaste. Zaporne organe dimenzija DN 80 i više obavezno predvidjeti s reduktorom. Na toplovodnom sustavu projektirati manometre na svakoj liniji. Ugraditi manometre na plinskom dijelu.

MRS treba biti projektiran za automatski rad bez stalne prisutnosti radnika. Prisutnost radnika potrebna je jednom do dva puta tjedno zbog kontrole rada.

Cijevne instalacije u stanici trebaju biti izrađene od bešavnih čeličnih cijevi izrađenih prema standardu API-5L, odgovarajuće kvalitete.

Sva oprema i armatura treba biti ugrađena prema ANSI Class 600, Class 300 i Class 150.

Budući da je MRS kontejnerskog tipa, treba biti postavljen na odgovarajuće betonske temelje.

Ispuste iz filter izmjenjivača i sigurnosnih ventila zajedničkim kolektorom odvesti izvan MRS-a.

➤ Kotlovnica

Za predgrijavanje plina potrebno je projektirati toplovodnu kotlovnicu s prirodnim provjetravanjem. U kotlovnici mora postojati mogućnost ispusta vode kao i ručno dopumpavanje sistema vode. Plin za kotlovnicu treba voditi do mjerno redukcijske linije „A“, nakon redukcije a prije mjerenja, na tom mjestu je tlak 3 bara. Redukcijsko mjernu liniju za kotlovnicu smjestiti u redukcijskom dijelu MRS-a. Kotao dimenzionirati za 65 % kapaciteta stanice.

5.1.2. Elektroenergetski dio

Za potrebe napajanja električnih trošila MRS potrebno je osigurati napajanje električnom energijom iz distributivne mreže. Priključak, mjerenje i zaštitno uzemljenje potrebno je smjestiti u razvodne ormariće u krugu MRS unutar ograde i to u dva plastična ormarića; jedan za priključak i mjerenje, a drugi za razvod, sve prema tipskom uobičajenom rješenju koje se koristi kod ovakvih objekta. Položaj ormarića nije predmet ovog projektnog zadatka.

Električnu energiju treba predvidjeti za sljedeće potrošače:

- vanjsku rasvjetu, treba ju predvidjeti za dva rasvjetna tijela na dijagonalnim kutovima kontejnera,
- unutarnju rasvjetu objekta i postrojenja,
- napajanje kotlovnice; (kotao ili bojler) te elektromotorni pogon cirkulacione pumpe za toplu vodu,
- priključak za katodnu zaštitu,
- instalaciju utičnica u kotlovnici za potrebe održavanja.

Prilikom projektiranja treba vodit računa o opremi koja se ugrađuje u zone opasnosti od eksplozije. Projekt treba sadržavati gromobransku instalaciju i uzemljenje objekta.

5.1.3. Nadzor i upravljanje procesom

Stanica neće biti spojena na sustav daljinske kontrole. Nadzor će se obavljati povremenim obilascima ovlaštenih djelatnika.

Na ulazu u MRS ispred filter–izmjenjivača te iza redukcijskog seta postavlja se manometar i termometar. Iza brojila se postavlja manometar.

5.1.4. Građevinski dio

Potrebno je izraditi građevinski dio izvedbenog projekta tipske mjerno-redukcijske stanice (MRS) sukladno tehnološkom i strojarskom projektu. Tehnološku opremu mjerno-redukcijskog dijela i kotlovnice treba smjestiti u tipsku predgotovljenu čeličnu konstrukciju, kontejner standardnih dimenzija i konstrukcije.

Pri projektiranju potrebno je primijeniti odgovarajuće odredbe iz zakona, pravilnika, uredbi i normi za tu vrstu građevine.

Vanjske stjenke, pregrada, krov i vrata izradit će se od antikorozivno zaštićenog čeličnog lima. Pregradna stjenka između redukcijskog dijela kotlovnice treba biti izrađena kao plinotjesna.

Podna obloga se neće izvoditi, nego će kao podna površina služiti armirano betonska ploča premazana epoksidnim premazom.

Konstrukcija na koju će se montirati oprema zavarit će se na okvir kontejnera te na poprečne grede poda, bočnih stranica i pregrade. Dimenzioniranje bočnih stranica pregrade, vrata i krova potrebno je provesti tako, da najslabiji dio konstrukcije bude krov, kako bi eventualna eksplozija plina bila usmjerena prema gore.

Kontejner će se pričvrstiti na temeljnu ploču pomoću čeličnih sidrenih vijaka, a spoj brtviti odgovarajućim brtvilom. Boja naličja kontejnera potrebno je odabrati u skladu s bojama logotipa Plinacro d.o.o.

Temelje kontejnera treba predvidjeti na predgotovljenoj ili monolitnoj armiranoj betonskoj ploči odgovarajuće debljine i kvalitete položenoj na šljunčani ili kameni dobro zbijeni tampon. U temeljno tlo i ploču potrebno je ugraditi na određenom mjestu plastičnu cijev za priključak na električnu mrežu.

5.2. Uvjeti projektiranja

Tipska mjerno reduksijska stanica treba biti jedinstveni proizvod, te u procesu projektiranja treba predvidjeti svu potrebnu dokumentaciju koja određuje tipsku MRS kao tipski proizvod za koji se mogu ishoditi atesti, odnosno certifikati od odgovarajućih institucija, agencija ili tijela, te ishoditi takve ateste, certifikate ili suglasnosti za projektnu dokumentaciju. Potrebno je imati tvorničke ateste za svu ugrađenu opremu. Treba obaviti tlačnu probu svih dijelova MRS-a na odgovarajući ispitni tlak, a prije isporuke jedinstvenog uređaja potrebno je obaviti ispitivanje na nepropusnost cjelokupne mjerno reduksijske stanice.

5.3. Propisi

Za projektiranje, izvođenje, sigurnost na radu i upotrebu instalacija zemnog plina, koriste se u velikoj mjeri propisi i smjernice SR Njemačke.

Pri projektiranju koriste se slijedeći propisi, standardi i smjernice za plinske mjerno-reduksijske stanice i plinovode:

| | |
|---------------|---|
| DVGW-G 491 | Tehnička pravila za gradnju i izvođenje plinskih regulacijskih stanica s ulaznim tlakom preko 4 bara, |
| DIN 3380 | Regulatori tlaka plina i njihovi sigurnosni uređaji, |
| DIN 3381 | Sigurnosni uređaji na postrojenjima za opskrbu plinom za tlakove od 100 bara, |
| DVGW G 462/I | Smjernice za postavljanje plinovoda iz čeličnih cijevi s radnim tlakom od 4 bar, |
| DVGW G 462/II | Smjernice za postavljanje plinovoda iz čeličnih cijevi s radnim tlakom većim od 4 bar do 16 bar, |
| DVGW G 463 | Smjernice za postavljanje plinovoda iz čeličnih cijevi s pogonskim tlakom većim od 16 bar, |
| DVGW G 494 | Prigušenje buke na uređajima i postrojenjima za regulaciju tlaka plina i mjerenje protoka plina. |

Zakoni i pravilnici Republike Hrvatske:

- Zakon o gradnji („Narodne novine“ broj 175/03.);

- Zakon o zaštiti od požara („Narodne novine“ broj 58/93.);
- Zakon o zaštiti na radu („Narodne novine“ broj 59/96., 94/96. i 114/03.);
- Zakon o normizaciji („Narodne novine“ broj 55/96.);
- Zakon o zapaljivim tekućinama i plinovima („Narodne novine“ broj 108/95),
- Zakon o rudarstvu („Narodne novine“ broj 35/95),
- Pravilnik o tehničkim uvjetima i normativima za siguran transport tekućih i plinovitih ugljikovodika magistralnim naftovodima i plinovodima te naftovodima i plinovodima za međunarodni transport („Narodne novine“ broj 53/91),
- Zakon o zaštiti od buke („Narodne novine“ broj 17/90),
- Zakon o zaštiti okoliša („Narodne novine“ broj 82/94),
- Zakon o zaštiti prirode („Narodne novine“ broj 30/94 i 72/94),
- Pravilnik o tehničkim mjerama i uvjetima za zaštitu čeličnih konstrukcija od korozije (Sl. list 32/70, „Narodne novine“ broj 53/91),
- N.N. br 44/95, Uredba o izmjeni i dopunama Zakona o standardizaciji,
- Sl. list br. 10/90, Pravilnik o tehničkim normativima za projektiranje, pogon i održavanje plinskih kotlovnica.

Norme:

| | |
|-----------------|--|
| ANSI B.36.10 M | Mjere i mase cijevi od ugljičnih konstrukcijskih čelika, |
| ANSI B.16.9 | Čelični cijevni lukovi, |
| ANSI B.16.9 | Čelični „T“ komadi i navarni fitinzi, |
| ANSI B.16.5 | Prirubnice s grlom i prirubnički fitinzi, |
| HRN C.B5. | Tehnički uslovi za izradu i isporuku bešavnih čeličnih cijevi s propisanim osobinama, |
| HRN C.H3. | Materijal za zavarivanje, |
| HRN C.T.3. | Tehnika zavarivanja i ispitivanja kvalitete zavarenih spojeva, |
| HRN M.B6. | Prirubnice, |
| HRN M.C4. | Brtve, |
| HRN U.E7. | Stabilnost čeličnih konstrukcija, |
| HRN M.E7.201 | Postrojenje za centralno grijanje: sigurnosno tehnička oprema postrojenja za grijanje toplom vodom s razvoda do 100°C, |
| HRN M.S7.205 | Ekspanzijske posude sistema za centralno grijanje, |
| HRN EN 60007-10 | Klasifikacija eksplozivnih plinova i para, |
| HRN EN 60079-10 | Zone opasnosti prostora ugroženih od eksplozivnih smjesa i plinova, |
| DVGW 600 | Tehnička pravila za plinske instalacije, |
| DIN 4788/1 | Plinski plamenici – atmosferski plamenici, |
| DIN 4788/3 | Plinski plamenici: Uređaji za nadzor plamena, upravljački uređaji i automati za nadzor loženja. |

5.4. Proračun za dimenzioniranje i odabiranje opreme

5.4.1. Dimenzioniranje cjevovoda

Dimenzioniranje ulaznog cjevovoda

Prilikom dimenzioniranja cjevovoda nastoji se postići kompromis između dimenzije cijevi i buke prouzrokovane strujanjem plina.

Kako intenzitet buke raste s brzinom preporučljive brzine strujanja su između 10 i 20 m/s.

Cjevovod se dimenzionira na osnovu maksimalnog protoka, kod minimalnog tlaka.

potrebni podaci:

| | | |
|----------------------|--|---|
| $Q_{n \text{ maks}}$ | $= 8000 \text{ m}^3/\text{h}$ | - protočna količina plina |
| $p_{1 \text{ min}}$ | $= 41 \text{ bar}$ | - minimalni ulazni tlak |
| $T_{1 \text{ maks}}$ | $= 278,15 \text{ K (5}^\circ\text{C)}$ | - minimalna ulazna temperatura |
| F | $= 0,008219 \text{ m}^2$ | - površina presjeka otvora cijevi $\phi 114,3 \times 6,02 \text{ mm}$ |

$$v = \frac{Q_{n \text{ maks}} \cdot p_a \cdot T_{u \text{ maks}}}{3600 \cdot F \cdot p_{u \text{ min}} \cdot T_n} \text{ [m/s]}. \quad (3)$$

$$v = \frac{8000 \cdot 1,013 \cdot 278,15}{3600 \cdot 0,008219 \cdot 41 \cdot 273,15} = 13,29 \text{ m/s}.$$

Dobivena brzina kreće se u granicama preporučljivo dozvoljenih brzina strujanja, pa prema tome odabrana dimenzija cijevi DN 100 u potpunosti zadovoljava.

Dimenzioniranje linija filtracija (linija „A“ i linija „B“)

Potrebni podaci:

| | | |
|----------------------|--|--|
| $Q_{n \text{ maks}}$ | $= 4000 \text{ m}^3/\text{h}$ | - protočna količina plina |
| $p_{1 \text{ min}}$ | $= 41 \text{ bar aps.}$ | - minimalni ulazni tlak |
| $T_{1 \text{ maks}}$ | $= 278,15 \text{ K (5}^\circ\text{C)}$ | - minimalna ulazna temperatura |
| F | $= 0,0048496 \text{ m}^2$ | - površina presjeka otvora cijevi $\phi 88,9 \times 5,16 \text{ mm}$ |

$$v = \frac{Q_{n \text{ maks}} \cdot p_a \cdot T_{u \text{ maks}}}{3600 \cdot F \cdot p_{u \text{ min}} \cdot T_n} \text{ [m/s]}. \quad (4)$$

$$v = \frac{4000 \cdot 1,013 \cdot 278,15}{3600 \cdot 0,0048496 \cdot 41 \cdot 273,15} = 11,25 \text{ m/s}.$$

Izračunatom dobivena brzina je u granicama dozvoljenih, pa prema tome dimenzija ulaza plina u filter-zagrijače DN 80 zadovoljava.

Dimenzioniranje cjevovoda iza redukcije na 3 bara

Potrebni podaci:

| | | |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------|
| $Q_{n \text{ maks}}$ | $= 4000 \text{ m}^3/\text{h}$ | - protočna količina plina |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------|

| | | |
|--------------|-------------------------|--|
| $p_{2 \min}$ | = 4 bar | - minimalni izlazni tlak |
| $T_{2 \max}$ | = 278,15 K = 5°C | - maksimalna izlazna temperatura |
| F | = 0,0186 m ² | - površina presjeka otvora cijevi ϕ 168,3 x 7,11 mm |

$$v = \frac{Q_{n \max} \cdot p_a \cdot T_{2 \max}}{3600 \cdot F \cdot p_{2 \min} \cdot T_n} \quad [\text{m/s}]. \quad (5)$$

$$v = \frac{4000 \cdot 1,013 \cdot 278,15}{3600 \cdot 0,0186 \cdot 4 \cdot 273,15} = 15,4 \text{ m/s}.$$

Brzina v je u granicama dozvoljenog, pa odabrana dimenzija cijevi DN 150 u potpunosti zadovoljava.

Dimenzioniranje cjevovoda mjernih linija na tlaku od 3 bar

Potrebni podaci:

| | | |
|--------------|--------------------------|--|
| $Q_{n \max}$ | = 4000 m ³ /h | - protočna količina plina |
| $p_{2 \min}$ | = 4 bar | - minimalni izlazni tlak |
| $T_{2 \max}$ | = 278,15 K (5°C) | - maksimalna izlazna temperatura |
| F | = 0,0186 m ² | - površina presjeka otvora cijevi ϕ 168,3 x 7,11 mm |

$$v = \frac{Q_{n \max} \cdot p_a \cdot T_{2 \max}}{3600 \cdot F \cdot p_{2 \min} \cdot T_n} \quad [\text{m/s}]. \quad (6)$$

$$v = \frac{4000 \cdot 1,013 \cdot 278,15}{3600 \cdot 0,0186 \cdot 4 \cdot 273,15} = 15,4 \text{ m/s}.$$

Brzina v je u granicama dozvoljenog, pa odabrana dimenzija cijevi DN 150 u potpunosti zadovoljava. Obilazni cjevovod mjerne linije je dimenzija DN 100.

Dimenzioniranje ulaznog cjevovoda plina za potrebe kotlovnice

Potrebna količina plina dana je u projektu kotlovnice:

| | | |
|--------------|---------------------------|---|
| $q_{n \max}$ | = 12 m ³ /h | - protočna količina plina |
| $p_{1 \min}$ | = 4 bar aps. | - minimalni izlazni tlak |
| $T_{1 \max}$ | = 278,15 K (5°C) | - maksimalna izlazna temperatura |
| F | = 0,000638 m ² | - površina presjeka otvora cijevi ϕ 33,7 x 2,6 mm (DN25) |

$$v = \frac{q_{n \max} \cdot p_a \cdot T_u}{3600 \cdot F \cdot p_{u \min} \cdot T_n} \quad [\text{m/s}]. \quad (7)$$

$$v = \frac{12 \cdot 1,013 \cdot 278,15}{3600 \cdot 0,000638 \cdot 4 \cdot 273,15} = 5,48 \text{ m/s}.$$

Brzina v je manja od dozvoljene brzine za tlak od 3 bar, pa odabrana dimenzija cijevi DN 25 u potpunosti zadovoljava.

Dimenzioniranje cjevovoda za potrebe kotlovnice iza redukcije na tlak od 20 mbar

| | | |
|--------------|------------------------|---------------------------|
| $q_{n \max}$ | = 12 m ³ /h | - protočna količina plina |
|--------------|------------------------|---------------------------|

| | | |
|--------------|--------------------------|--|
| $p_{i \min}$ | = 1,02 bar aps. | - minimalni izlazni tlak |
| $T_{i \max}$ | = 278,15 K (5°C) | - maksimalna izlazna temperatura |
| F | = 0,00146 m ² | - površina presjeka otvora cijevi ϕ 48,3 x 2,6 mm (DN 40) |

$$v = \frac{q_{n \max} \cdot p_a \cdot T_{i \max}}{3600 \cdot F \cdot p_{i \min} \cdot T_n} \quad [\text{m/s}]. \quad (8)$$

$$v = \frac{12 \cdot 1,013 \cdot 278,15}{3600 \cdot 0,00146 \cdot 1,02 \cdot 273,15} = 2,3 \text{ m/s.}$$

Brzina v je manja od 4 m/s – dozvoljena brzina za tlak od 20 mbar, pa odabrana dimenzija cijevi DN 40 u potpunosti zadovoljava.

5.4.2. Odabiranje opreme mjerno-redukcijske stanice

Odabir filter-zagrijača

Potrebni podaci:

| | | |
|--------------|--------------------------|--------------------------------------|
| $Q_{n \max}$ | = 4000 m ³ /h | - maksimalna protočna količina plina |
| $p_{i \min}$ | = 41 bar aps. | - minimalni ulazni tlak |
| $p_{1 \max}$ | = 76 bar aps. | - maksimalni ulazni tlak |
| $T_{1 \min}$ | = 278,15 K (5°C) | - minimalna ulazna temperatura plina |

$$q = Q_{n \max} \cdot \frac{T_{1 \min}}{T_n} \cdot \frac{p_a}{p_{1 \min}} \quad [\text{m}^3/\text{h}]. \quad (9)$$

$$q = 4000 \cdot \frac{278,15}{273,15} \cdot \frac{1,013}{41} = 100,6 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Na osnovu prospekta proizvođača opreme, odnosno prospekta tvrtke „MONTER“ Zagreb, odabran je filter-zagrijač plina tip C-4-M; DN 80; ANSI 600.

Izračun potrebne topline za zagrijavanje plina

Potrebni podaci:

| | | |
|--------------|--------------------------|--|
| $Q_{n \max}$ | = 4000 m ³ /h | - protok plina kod normalnog stanja |
| $p_{1 \max}$ | = 76 bar aps. | - maksimalni ulazni tlak |
| $p_{2 \min}$ | = 4 bar aps. | - minimalni izlazni tlak |
| t_2 | = 5°C | - izlazna temperatura plina |
| t_1 | = 5°C | - ulazna protočna količina plina |
| c_p | = 1,89 kJ/kgK | - specifična toplota zemnog plina |
| ρ_n | = 0,78 kg/m ³ | - gustoća zemnog plina kod normalnog stanja. |

Toplina potrebna za zagrijavanje plina:

$$Q_t = Q_n \cdot \Delta t \cdot c_p \cdot \rho_n \quad [\text{kJ/h}] \quad (10)$$

gdje je:

$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2$ °C - razlika temperature uslijed redukcije, te ulazne i izlazne temperature,

$\Delta t_1 = (p_1 - p_2) \cdot 0,4 = (76 - 4) \cdot 0,4 = 28,8$ °C - razlika temperature uslijed pothlađivanja plina prilikom redukcije zbog djelovanja Joule–Thompsonovog efekta,

$\Delta t_2 = t_u - t_i = 5 - 5 = 0$ °C – razlika između ulazne i izlazne temperature plina.

$\Delta t = 28,8 + 0 = 28,8$ °C.

Uvrštavanjem u izraz (10):

$Q_t = 4000 \cdot 28,8 \cdot 0,78 \cdot 1,89 = 169828$ kJ/h = 47,7 kW.

Za zagrijavanje plina na jednoj liniji potrebna su dva bojlera (grijača) sa po 27 kW maksimalnog toplinskog učinka što ukupno iznosi 54 kW.

Ovome treba dodati toplinu za zagrijavanje i drugog filter-zagrijača, pa ukupni potrebni toplinski učinak za zagrijavanje plina iznosi:

$Q = 2 \times 47,7 = 95,4$ kW.

Odabrani su bojleri tvrtke „JUNKERS“ tip ZWE 28-4-MFA maksimalnog toplinskog učinka.

$Q_t = 28$ kW (za svaku liniju po dva bojlera).

Odabir troputnog regulatora za zagrijavanje filter-zagrijača (regulator bez pomoćne energije)

$Q_1 = 54$ kW – potrebna količina topline

$Q = 54 \times 860 = 46440$ Kcal/h

Količina vode u cirkulaciji (protok vode):

$$V = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{46440}{90-70} = 2322 \text{ l/h} = 2,32 \text{ m}^3/\text{h}. \quad (11)$$

Iz prospekta proizvođača SAMSON, a prema količini vode u cirkulaciji, pomoću dijagrama uz vrijednost $K_{vs} = 5$ odabran je ventil tip 8 (2118) dimenzija DN 25; PN 16, s regulacijskim termostatom tip 2233.

5.4.3. Odabir opreme za redukciju tlaka plina

Odabir opreme za redukciju tlaka plina pomoću regulatora novije generacije

Regulator novije generacije je proizvod tvrtke TARTARINI model CRONOS tip CCB-SRS.

Model ima u zajedničkom kućištu integrirani blokadni ventil i monitor sistem regulacije uz prigradeni prigušivač buke tip SRS. Prednost mu je prema ranijoj izračunatoj konfiguraciji BM5 + MFL – SRS, što pri ugradnji u redukcijску liniju zauzima manje prostora, pa je linija kraća.

Dimenzioniranje regulatora CRONOS tipa CCB-SRS – linija A (radna i rezervna linija), za izlazni tlak 3 bara

Protok kroz navedeni regulator računa se iz izraza:

$$Q = 0,525 \cdot C_g \cdot p_1 \text{ [m}^3/\text{h]} \quad \text{za slučaj gdje je: } p_2 \leq \frac{p_1}{2}; \quad 4 \leq \frac{41}{2} < 20,5 \quad (12)$$

$Q_n = 4000$ m³/h - protok plina kod normalnog stanja

| | | |
|-------|----------|---------------------------------------|
| p_1 | = 41 bar | - minimalni ulazni tlak |
| p_2 | = 4 bar | - minimalni izlazni tlak |
| 0,525 | | - konstanta regulatora |
| C_g | | - plinski faktor za dotični regulator |

iz izraza (12) dobiva se:

$$C_g = \frac{Q}{0,525 \cdot p_1} = \frac{4000}{0,525 \cdot 41} = 185,8.$$

Potrebno je izabrati regulator sa vrijednosti C_g većom od izračunate.

Najbliži tom iznosu je broj 450 (prilog 4.) za regulator CRONOS tip CCB-SRS dimenzija DN 25; ANSI 600.

Maksimalni teoretski protok plina kroz odabrani regulator iznosi:

$$Q = 0,525 \cdot 450 \cdot 41 = 9450 \text{ m}^3/\text{h}, \text{ što u potpunosti zadovoljava.}$$

Isti tip regulatora zadovoljava i za izlazni tlak od 6 bara samo je u tom slučaju potrebno zamijeniti opruge na pilotu regulatora, sigurnosno-ispušnom i sigurnosno-zapornom ventilu.

Odabir sigurnosno-zapornog ventila (blokadni ventil)

izbor sigurnosno-zapornog ventila vrši se na osnovu količine protoka i koeficijenta protoka kroz ventil.

Prema napatku proizvođača opreme tvornice Tartarini, Q_n , sigurnosno-zapornog ventila računa se prema izrazu:

$$Q_n = K \cdot C_g \cdot p_u \text{ [m}^3/\text{h]}. \quad (13)$$

Za slučaj kada je:

$$p_2 \leq \frac{p_1}{2}; \quad 4 \leq \frac{41}{2} < 20,5 \quad \text{nadkritični omjer tlakova,}$$

gdje su:

C_g = koeficijent protoka – plinski faktor,

$K = 0,52$ – faktor za prirodan plin,

p_1 = minimalni ulazni tlak plina, [bar]

p_2 = minimalni izlazni tlak plina, [bar]

iz izraza (13) dobije se:

$$C_g = \frac{Q_n}{K \cdot p_1} = \frac{4000}{0,52 \cdot 41} = 188$$

najbliži tom plinskom faktoru za sigurnosno-zaporni ventil dimenzije DN 25, u katalogu proizvođača, iznosi:

$$C_g = 525$$

pa je maksimalni teoretski protok plina kroz odabrani sigurnosno-zaporni ventil:

$$Q = 0,52 \cdot 525 \cdot 41 = 11193 \text{ m}^3/\text{h}$$

pa se što u potpunosti zadovoljava, jer je traženi protok: $Q_n = 4000 \text{ m}^3/\text{h}$.

Odabran je sigurnosno-zaporni ventil (blokadni ventil) proizvodnje tvornice Tartarini tip MB 5; dimenzije DN 25; ANSI 600; prema DN regulatora tlaka.

Odabiranje sigurnosno ispušnih ventila

Određivanje sigurnosno-ispušnog ventila nakon redukcije tlaka plina na tlak od 3 bar

Propuštena količina plina kroz sigurnosno-ispušni ventil računa se prema standardu HRN M.E0.060.

Sigurnosno-ispušni ventil počinje se otvarati kod povišenja tlaka od 15% i propušta 1% protočne količine plina.

Prema standardu ta količina se računa izrazom:

$$q = 0,285 K_d C p A \sqrt{\frac{1}{\rho_n}} \text{ m}^3/\text{h} \quad (14)$$

gdje su:

| | | |
|----------|------------------------------|--|
| K_d | =0,28 | - koeficijent protoka (eksperimentalni) |
| c | =2,64 | - konstanta karakteristika zemnog plina ($k = 1,31$) |
| p | =4,6 bar | - tlak otvaranja 15% veći od radnog tlaka |
| A | | - površina presjeka SIV-a, mm^2 |
| q_n | =40 m^3/h | - 1% protočne količine plina |
| ρ_n | =0,78 kg/m^3 | - gustoća zemnog plina |

$$A = \frac{q_n}{0,285 \cdot K_d \cdot C \cdot p \cdot \sqrt{\frac{1}{\rho_n}}} \quad [\text{mm}^2]. \quad (15)$$

$$A = \frac{40}{0,285 \cdot 0,28 \cdot 2,64 \cdot 4,6 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,78}}} = 46,72 \text{ mm}^2$$

Unutarnji promjer ventila:

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 46,72}{\pi}} = 7,7 \text{ mm} \quad (16)$$

Odabran je sigurnosno-ispušni ventil proizvodnje firme „TARTARINI“ tip V-202-2 dimenzije 1"; ANSI 150.

5.4.4. Odabiranje elemenata mjernih linija

Odabiranje turbinskog brojila za liniju od 3 bar (mjerna linija „A“)

Potrebni podaci:

| | |
|-------|------------------------------|
| Q_n | = 4000 m^3/h |
| p | = 4 bar |
| q_p | = 1000 m^3/h |

Odabran je mjerac protoka s rotirajućim klipovima proizvodnje „INSTROMENT“ tip IRM-3; G 650, dimenzije DN 150; ANSI 150, s elektroničkim korektorom.

Odabiranje mjerno-redukcijske linije za kotlovniciu

Kapacitet potrošnje plina je $q_n = 12 \text{ m}^3/\text{h}$. Tlak na priključku bojlera je od 18 do 24 mbar, pa je izabrana redukcija od 0,024 bar.

Uzet je regulator tlaka tip SER-10; DN 25; PN 6 proizvodnje „IKOM“ – Zagreb. Mjerač protoka je na suhi mjeh, proizvodnje „IKOM“, tip G 10 R; DN 40; PN 1 za područje mjerenja $0,10 - 16 \text{ m}^3/\text{h}$, $p_{\text{maks}} = 0,5 \text{ bar}$.



6. SPECIFIKACIJA OPREME I MATERIJALA


Nakon završenog proračuna moguće je navesti svu potrebnu opremu i materijal za montažu mjerno-redukcijske stanice. U daljnjem tijeku rada specificira se oprema i materijal za MRS s jednom neovisnom redukcijsko-mjernom linijom (linija „A“). U glavnom projektu oprema i materijal su podijeljeni za redukcijsku i mjernu liniju zasebno te su prikazani po količini. Po količinskoj podijeli se ne može raspoznati struktura proizvoda, nisu vidljivi stupnjevi ugradnje.



6.1. Specifikacija opreme i materijala za redukcijsku liniju „A“

Tablicom 2. i tablicom 3. specificira se oprema i materijal za redukcijsku liniju „A“, dok se tablicom 4. i tablicom 5. specificira oprema i materijal za mjernu liniju „A“.

Tablica 2. Specifikacija opreme redukcijske linije „A“

| Redni broj | Naziv i opis opreme | Dimenzije mm | Norma | Količina, komada | Slika opreme |
|------------|--|--------------|----------|------------------|---|
| 1. | Plinska kuglasta slavina s prirubničkim spojem Tartarini, s ručicom za zatvaranje ili reduktorom (malo kolo) | DN 150 | ANSI 150 | 2 |  |
| | | DN 80 | ANSI 600 | 2 | |
| | | DN 50 | ANSI 600 | 3 | |
| 2. | Filter-zagrijač plina Tartarini, tip CNF-1-AP s prirubničkim spojem, kompletiran s diferencijalnim manometrom i slavinama, tip PG/60 | DN 80 | ANSI 600 | 1 |  |

| | | | | | |
|----|--|--------|----------|---|---|
| 3. | Regulator tlaka plina sa sigurnosno zapornim ventilom (blokadni ventil), monitor sistem s prigušivačem buke, s priрубničkim spojem Tartarini, serije CRONOS, tip CCB-SRS, s pilotom OS/84-X za blokadni ventil te s pilotom PS/79 za regulator i monitor | DN 25 | ANSI 600 | 2 |  |
| 4. | Sigurnosno ispušni ventil s navojnim spojem Tartarini, tip V-20-2 | 1" NPT | ANSI 150 | 1 |  |
| 5. | Sigurnoson ispušni ventil s navojnim spojem, SPECIJALNA OPREMA, tip SVO-N | 1" | NP 25 | 1 |  |
| 6. | Kuglasta slavina za vodu s priрубničkim spojem IKOM | DN 25 | NP 16 | 2 |  |
| 7. | Troputni samodjelujući regulator temperature s priрубničkim spojem Samson, tip 8 (2118) s termostatom tip 2233 | DN 25 | NP 16 | 1 |  |
| 8. | Plinska kuglasta slavina s navojnim spojem NPT, klase 600 | 1" | NPT | 1 |  |
| 9. | Ventil za plin s navojnim spojem NPT, klase 600 | 1" | NPT | 1 | |

| | | | | | |
|-----|---|------|--|---|---|
| 10. | Manometarska slavina s navojem NPT prema ANSI B 2.1, klase 600lb | 1/2" | | 4 |  |
| 11. | Manometarska slavina s navojem NPT prema ANSI B 2.1, klase 300lb | 1/2" | | 2 | |
| 12. | Igličasti ventil s navojem NPT prema ANSI B 2.1, MAGIVAL, klase 600lb | 1/2" | | 2 |  |

Tablica 3. Specifikacija materijala za reduksijsku liniju „A“

| Redni broj | Naziv i opis, norma | Materijal | Dimenzije, mm | Jedinica mjere | Količina |
|------------|---|-------------|---------------|----------------|----------|
| 1. | Bešavna čelična cijev sa skošenim krajevima za zavarivanje prema standardu ANSI B 36.10, debljine stijenke SCH 40, skošeni krajevi prema ANSI B 16.25 | API 5L Gr.B | Ø 168,3 x 7,1 | m | 2,0 |
| | | | Ø 114,3 x 6,0 | | 2,0 |
| | | | Ø 88,9 x 5,5 | | 2,0 |
| | | | Ø 60,3 x 3,9 | | 4,0 |
| | | | Ø 33,4 x 3,4 | | 10,0 |
| | | | Ø 21,3 x 2,8 | | 1,0 |
| | | | Ø 10,0 x 2,0 | | 10,0 |
| 2. | Bešavna čelična cijev prema standardu HRN C.B5.221 za zavarivanje | Č.1212 | Ø 33,7 x 2,6 | m | 3 |
| 3. | Bešavno čelično koljeno 90° R=1,5 D sa skošenim krajevima za zavarivanje prema standardu ANSI B 16.9, debljina stijenke SCH 40, skošeni | A 234 WPB | DN 150 | komad | 1 |
| | | | DN 100 | | 1 |
| | | | DN 80 | | 2 |
| | | | DN 50 | | 7 |
| | | | DN 25 | | 2 |

| | | | | | |
|-----|--|----------------|-----------------|-------|---|
| | krajevi prema ANSI B 16.25 | | DN 20 | | 3 |
| 4. | Koljeno 90° za zavarivanje prema standardu HRNC.B6.821 za zavarivanje | Č.1212 | DN 25 | komad | 4 |
| 5. | Bešavni T-komad sa skošenim krajevima za zavarivanje prema standardu ANSI B 16.9, debljine stijenke SCH 40, skošeni krajevi prema ANSI B 16.25 | ASTM A 234 WPB | DN 150 x DN 150 | komad | 2 |
| | | | DN 80 x DN 80 | | 2 |
| | | | DN 50 x DN 50 | | 1 |
| | | | DN 25 x DN 25 | | 1 |
| 6. | Bešavni reducirani T-komad sa skošenim krajevima za zavarivanje prema standardu ANSI B 16.9, debljina stijenke SCH 40, skošeni krajevi prema ANSI B 16.25 | ASTM A 234 WPB | DN 80 x DN 50 | komad | 1 |
| 7. | T-komad prema DIN 2615, za zavarivanje | Č.1212 | DN 25 x DN 25 | komad | 2 |
| 8. | Bešavna koncentrična redukcija sa skošenim krajevima za zavarivanje, prema standardu ANSI B 16.5, debljine stijenke SCH 40, skošeni krajevi prema ANSI B 16.25 | ASTM A 234 WPB | DN 150 x DN 100 | komad | 3 |
| | | | DN 80 x DN 50 | | 2 |
| | | | DN 50 x DN 25 | | 2 |
| 9. | Thredolet iz čelika, kovani, navoj NPT prema ANSI B 2.1, klase čvrstoće 3000 lb | ASTM A 105 81 | 3/4" x 6" | komad | 1 |
| | | | 3/4" x 3" | | 1 |
| | | | 3/4" x 2" | | 1 |
| | | | 1/2" x 6" | | 1 |
| | | | 1/2" x 3" | | 1 |
| | | | 1/2" x 2" | | 1 |
| 10. | Prirubnica s grlom sa skošenim krajevima za zavarivanje prema ANSI B 16.5, debljina stijenke SCH 40, RF, klasa čvrstoće 600 lb, podignuto lice | ASTM A 105 81 | DN 100 | komad | 3 |
| | | | DN 80 | | 6 |
| | | | DN 50 | | 4 |
| | | | DN 25 | | 2 |

| | | | | | |
|-----|--|---|------------|-------|----|
| 11. | Prirubnica s grlom sa skošenim krajevima za zavarivanje prema ANSI B 16.5, debljina stijenke SCH 40, RF, klasa čvrstoće 300 lb, podignuto lice | ASTM A 105 81 | DN 150 | komad | 8 |
| | | | DN 100 | | 2 |
| 12. | Prirubnica s grlom za zavarivanje, prema standardu HRM M.B6.163, debljina stijenke standardna, klasa čvrstoće NP16, | Č.1212 | DN 25 | komad | 9 |
| 13. | Brtna za prirubnice klase čvrstoće 600 lb, podignuto lice prema standardu ANSI B 16.5, standardu API 601 | KLINGERIT | DN 100 | komad | 4 |
| | | | DN 80 | | 2 |
| | | | DN 50 | | 2 |
| | | | DN 25 | | 2 |
| 14. | Brtna za prirubnice klase čvrstoće 300 lb, podignuto lice prema standardu ANSI B 16.5, standardu API 601 | KLINGERIT | DN 150 | komad | 4 |
| | | | DN 100 | | 2 |
| 15. | Brtna za prirubnice nazivnog tlaka NP16, prema standardu HRN M.C4.110 | KLINGERIT | DN 25 | komad | 9 |
| 16. | Sprežni vijak s dvije matice za prirubnice klase 600 lb, narez prema ANSI B 2.1 | vijak: ASTM A 193 B7 matica: ASTM A 194 2H | M 16 x 90 | komad | 48 |
| | | | M 16 x 80 | | 40 |
| 17. | Sprežni vijak s dvije matice za prirubnice klase 300 lb, narez prema ANSI B 2.1 | vijak: ASTM A 193 B7 matica: ASTM A 194 2H | M 20 x 125 | komad | 64 |
| | | | M 20 x 110 | | 64 |
| | | | M 16 x 90 | | 48 |
| | | | M 16 x 80 | | 40 |
| 18. | Vijak s maticom za prirubnice nazivnog tlaka NP16 standard vijka HRN M.B1.051 i matice HRN M.B1.601 | vijak: ČV 5.8 matic: ČV 5 | M 12 x 50 | komad | 36 |
| 19. | Kolčak s navojem prema ANSI B 36.10, Sch 40 | API 5L Gr.B | 1/2" NPT | komad | 3 |
| 20. | Čep s navojem NPT prema standardu | Č 1430 | 3/4" NPT | komad | 3 |

| | | | | | |
|-----|--|--------|--|----------------|----|
| | ANSI B 2.1 klase čvrstoće 3000 lb, standard ANSI B 16.11 | | 1/2" NPT | | 7 |
| 21. | Dvostrana spojnica kovana s vanjskim navojem NPT prema ANSI B 2.1, klasa čvrstoće 3000 lb, standard ANSI B 16.11 | Č.1430 | 1" NPT | komad | 4 |
| | | | 1/2" NPT | | 2 |
| 22. | Holender spojnica s unutarnjim navojem NPT prema ANSI B 2.1, klase čvrstoće 3000 lb, standard ANSI B 16.11 | Č.1430 | 1" NPT | komad | 1 |
| 23. | Čelična cijev za nosače cijevi prema standardu HRN C.B5.221 | Č.0362 | DN 50 | m | 2 |
| 24. | Čelični lim za nosače cijevi prema standardu HRN C.B4.110 | Č.0362 | 200 x 200 x 10 | m ² | 1 |
| 25. | Okrugli čelik za obujmice prema standardu HRN C.B3.411 | Č.0370 | Ø 12 | m | 2 |
| 26. | Matice za obujmice prema standardu HRN M.B1.600 | Č.0370 | M 12 | komad | 16 |
| 27. | Čelični profil prema standardu HRN.C.B3.141 | Č.0370 | U 8 | m | 1 |
| 28. | Bojanje cjevovoda i opreme u stanici bojom „LUXAL“ – srebrna | | | m ² | 5 |
| 29. | Mineralna vuna za izolaciju cjevovoda TERVOL – D | | Debljine 30 mm, s AI- oblogom debljine 0,5 mm. | m ² | 3 |
| 30. | Priključni kovani komad za impulsne vodove, prema Tartarini | Č.1430 | Ø 30 x 170 | komad | 2 |

6.2. Specifikacija opreme i materijala za mjernu liniju „A“

Tablica 4. Specifikacija opreme za mjernu liniju „A“

| Redni broj | Naziv i opis | Dimenzije, mm | Norma | Količina, komada | Slika opreme |
|------------|--|---------------|------------|------------------|--|
| 1. | Plinska kuglasta slavina s priрубničkim spojem, proizvodnje Tartarini, s ručicom za zatvaranje ili reduktorom (malo kolo) | DN 150 | ANSI 150 | 2 | |
| | | DN 100 | ANSI 150 | 1 | |
| 2. | Mjerilo protoka s rotirajućim klipovima s priрубničkim spojem, proizvodnje INSTROMET, tip IRM-3, i elektroničkim korektorom volumena | DN 150 | ANSI 150 | 1 |  |
| 3. | Plinska kuglasta slavina s navojnim spojem NPT, klase 300lb | 1" | NPT | 1 | |
| | | 1/2" | NPT | 1 | |
| 4. | Manometarska slavina s navojem NPT prema ANSI B 2.1, klase 300lb | 1/2" | ANSI B 2.1 | 2 | |

Tablica 5. Specifikacija materijala za mjernu liniju „A“

| Redni broj | Naziv i opis, norma | Materijal | Dimenzije, mm | Jedinica mjere | Količina |
|------------|--|----------------|-----------------|----------------|----------|
| 1. | Bešavna čelična cijev sa skošenim krajevima za zavarivanje prema standardu ANSI B 36.10, debljine stijenke SCH 40, skošeni krajevi prema ANSI B 16.25 | API 5L Gr.B | Ø 168,3 x 7,1 | m | 1,5 |
| | | | Ø 114,3 x 6,0 | | 2,0 |
| 2. | Bešavno čelično koljeno 90° R=1,5 D sa skošenim krajevima za zavarivanje prema standardu ANSI B 16.9, debljina stijenke SCH 40, skošeni krajevi prema ANSI B 16.25 | A 234 WPB | DN 150 | komad | 3 |
| | | | DN 100 | | 1 |
| 3. | Bešavni T-komad sa skošenim krajevima za zavarivanje prema standardu ANSI B 16.9, debljine stijenke SCH 40, skošeni krajevi prema ANSI B 16.25 | ASTM A 234 WPB | DN 150 x DN 150 | komad | 1 |
| 4. | Bešavna koncentrična redukcija sa skošenim krajevima za zavarivanje, prema standardu ANSI B 16.5, debljine stijenke SCH 40, skošeni krajevi prema ANSI B 16.25 | ASTM A 234 WPB | DN 150 x DN 100 | komad | 3 |
| 5. | Thredolet iz čelika, kovani, navoj NPT prema ANSI B 2.1, klase čvrstoće 3000 lb | ASTM A 105 81 | 3/4" x 6" | komad | 2 |
| | | | 1/2" x 6" | | 2 |
| 6. | Prirubnica s grlom sa skošenim krajevima za zavarivanje prema ANSI B 16.5, debljina stijenke SCH 40, RF, klasa čvrstoće 150 lb, podignuto lice | ASTM A 105 81 | DN 150 | komad | 7 |
| | | | DN 100 | | 2 |

| | | | | | |
|-----|--|---|---|----------------|----|
| 7. | Brtva za prirubnice klase čvrstoće 150 lb, podignuto lice prema standardu ANSI B 16.5, standardu API 601 | KLINGERIT | DN 150 | komad | 7 |
| | | | DN 100 | | 2 |
| 8. | Sprežni vijak s dvije matice za prirubnice klase 150 lb, narez prema ANSI B 2.1 | vijak: ASTM A 193 B7 matica: ASTM A 194 2H | M 20 x 100 | komad | 48 |
| | | | M 20 x 90 | | 16 |
| 9. | Kolčak s navojem prema ANSI B 36.10, Sch 40, dužina 100 mm | API 5L Gr.B | 1/2" NPT | komad | 1 |
| 10. | Čep s navojem NPT prema standardu ANSI B 2.1 klase čvrstoće 3000 lb, standard ANSI B 16.11 | Č 1430 | 3/4" NPT | komad | 3 |
| | | | 1/2" NPT | | 2 |
| 11. | Čelična cijev za nosače cijevi prema standardu HRN | Č.0362 | DN 50 | m | 2 |
| 12. | Čelični lim za nosače cijevi prema standardu HRN C.B4.110 | Č.0362 | 200 x 200 x 10 | m ² | 2 |
| 13. | Okrugli čelik za obujmice prema standardu HRN C.B3.411 | Č.0370 | Ø 12 | m | 2 |
| 14. | Matice za obujmice prema standardu HRN M.B1.600 | Č.0370 | M 12 | komad | 16 |
| 15. | Bojanje cjevovoda i opreme u stanici bojom „LUXAL“ – srebrna | | | m ² | 5 |
| 16. | Mineralan vuna za izolaciju cjevovoda TERVOL – D | | Debljine 30 mm, s AI-oblogom debljine 0,5 mm. | m ² | 3 |

6.3. Struktura mjerno-redukcijskog dijela MRS-a

Struktura proizvoda opisuje raspored ugradbenih elemenata i njihove međusobne odnose u proizvodu. Njome se definira dubina podjele proizvoda, mogući broj sklopova i njihova međusobna hijerarhijska zavisnost.

Za daljnju analizu montažnih operacija odabran je postupak montaže **mjerno-redukcijskog dijela** MRS-a. Montaža materijala i opreme tog dijela stanice traje najduže u okviru montaže cijele mjerno-redukcijske stanice te obuhvaća postupke spajanja zavarivanjem i vijčanjem.

Izrađena je strukturna sastavnica, koja nije izrađena u glavom projektu, mjerno-redukcijskog dijela MRS-a, prema podacima o specifikaciji opreme i materijala iz glavnog projekta te tehničkih crteža, prikazana u Tablici 6. U strukturnoj sastavnici se navode ugradbeni elementi za završnu montažu, uzima se da su svi cijevni elementi (koljena, T-komadi, redukcijski komadi i slično) spojeni zavarivanjem u sklopove cijevnih elemenata tijekom predmontaže. Iz strukturne sastavnice se vidi da proizvod sadrži dva stupnja ugradnje, pri čemu drugi stupanj ugradnje čini montaža nosača horizontalnih cijevi. Struktura MRS-a je pogodna u pogledu ostvarenja što manjeg broja stupnjeva ugradnje.

Tablica 6. Strukturna sastavnica mjerno-redukcijskog dijela MRS-a

| <div></div> <div>Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb</div> | | STRUKTURNA SASTAVNICA | | | | | | | | Datum izrade: 2011-05-16 | | K: | KI: | List: |
|--|----------------------------------|---|------------------|-------------|---------------------------------------|------------|----|----|--------------|-----------------------------|---------------|----|-------------------|-------|
| | | Naziv: MJERNO-REDUKCIJSKI DIO MRS-a | | | | Identitet: | | | Broj crteža: | | Listova: 2 | | | |
| Stupanj ugradnje | Identitet ugrad- benog dijela | Naziv ugradbenog dijela | Format crteža | Broj crteža | Broj pozicije na sklopom crtežu | K | KI | JM | Količina | Broj izmjene | Datum izmjene | S | Datum stupanja | |
| .1 | UE1 | Filter-zagrijač | | Prilog 6 | | D | | 11 | 1 | | | | | |
| .1 | UE2 | Vijak M12x50 | | | | T | | 11 | 36 | | | | | |
| .1 | UE3 | Matica M12 | | | | T | | 11 | 36 | | | | | |
| .1 | UE4 | Sklop cijevnih elemenata za kotlovnici K1 | | | | S | | 11 | 1 | | | | | |
| .1 | UE5 | Samson tip 8 regulator temperature | | | | D | | 11 | 1 | | | | | |
| .1 | UE6 | Sklop cijevnih elemenata za kotlovnici K2 | | | | S | | 11 | 1 | | | | | |
| .1 | UE7 | Kuglasta slavina s navojnim spojem DN25 | | | | D | | 11 | 2 | | | | | |
| .1 | UE8 | Sklop cijevnih elemenata za kotlovnici K3 | | | | S | | 11 | 1 | | | | | |
| .1 | UE9 | Ispušni ventil SVO-N | | Prilog 8 | | D | | 11 | 1 | | | | | |
| .1 | UE10 | Vijak M16x80 | | | | T | | 11 | 80 | | | | | |
| .1 | UE11 | Vijak M16x90 | | | | T | | 11 | 96 | | | | | |
| .1 | UE12 | Matica M16 | | | | T | | 11 | 176 | | | | | |
| .1 | UE13 | Sklop cijevnih elemenata A | | | | S | | 11 | 2 | | | | | |
| .1 | UE14 | Kuglasta slavina DN80 | | Prilog 10 | | D | | 11 | 2 | | | | | |
| .1 | UE15 | Sklop cijevnih elemenata B | | | | S | | 11 | 1 | | | | | |
| .1 | UE16 | Vijak M20x120 | | | | T | | 11 | 64 | | | | | |
| .1 | UE17 | Vijak M20x110 | | | | T | | 11 | 64 | | | | | |
| .1 | UE18 | Vijak M20x100 | | | | T | | 11 | 48 | | | | | |
| .1 | UE19 | Vijak M20x90 | | | | T | | 11 | 16 | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|---|---|-----------|--|--|--|----|-----|-----------------------|--|------------------|--|
| .1 | UE20 | Matica M20 | | | | T | | 11 | 192 | | | | |
| .1 | UE21 | Sklop cijevnih elemenata C | | | | S | | 11 | 1 | | | | |
| .1 | UE22 | Kuglasta slavina DN50 | | Prilog 10 | | D | | 11 | 3 | | | | |
| .1 | UE23 | Sklop cijevnih elemenata D | | | | S | | 11 | 1 | | | | |
| .1 | UE24 | Sklop cijevnih elemenata E | | | | S | | 11 | 2 | | | | |
| .1 | UE25 | Regulator tlaka plina Cronos | | Prilog 5 | | D | | 11 | 2 | | | | |
| .1 | UE26 | Sklop cijevnih elemenata F | | | | S | | 11 | 2 | | | | |
| .1 | UE27 | Sklop nosača horizontalnih cijevi DN150 | | | | S | | 11 | 2 | | | | |
| ..2 | UE28 | Nosač horizontalnih cijevi | | | | D | | 11 | 1 | | | | |
| ..2 | UE29 | Obujmica za cijev DN150 | | | | D | | 11 | 1 | | | | |
| ..2 | UE3 | Matica M12 | | | | T | | 11 | 2 | | | | |
| .1 | UE30 | Kuglasta slavina DN150 | | Prilog 9 | | D | | 11 | 4 | | | | |
| .1 | UE31 | Sklop cijevnih elemenata G | | | | S | | 11 | 1 | | | | |
| .1 | UE32 | Sklop cijevnih elemenata J | | | | S | | 11 | 1 | | | | |
| .1 | UE33 | Mjerilo protoka plina IMR-3 | | Prilog 7 | | D | | 11 | 1 | | | | |
| .1 | UE34 | Sklop cijevnih elemenata K | | | | S | | 11 | 1 | | | | |
| .1 | UE35 | Sklop cijevnih elemenata L | | | | S | | 11 | 1 | | | | |
| .1 | UE36 | Kuglasta slavina DN100 | | Prilog 9 | | D | | 11 | 1 | | | | |
| .1 | UE37 | Sklop nosača horizontalnih cijevi DN100 | | | | S | | 11 | 2 | | | | |
| ..2 | UE28 | Nosač horizontalnih cijevi | | | | D | | 11 | 1 | | | | |
| ..2 | UE38 | Obujmica za cijev DN100 | | | | D | | 11 | 1 | | | | |
| ..2 | UE3 | Matica M12 | | | | D | | 11 | 2 | | | | |
| JM - jedinica mjere: | | | K - karakter dijela: | | | KI - ključ nositelja izrade: | | | | S - status ključ: | | Broj sastavnice: | |
| 11 - komad 31 - mm 44 - m ² 54 - m ³ | | | D - dio u užem smislu P- gotovi proizvod | | | 10-ljevaonica 40-pogon održavanja | | | | U - ubacivanje dijela | | 1 | |
| 20 - gram 33 - cm 52 - cm ³ 61 - dcl | | | F - fiktivni sklop S - sklop | | | 15-teška obrada 54-nabava | | | | B - brisanje dijela | | | |
| 21 - dkg 41 - mm ² 53 - dm ² 62 - l | | | M - materijal (sirovina) T - standardni dio | | | 20-laka obrada 55-kooperacija domaća | | | | R - izvedeni dio | | | |
| 22 - kg 42 - cm ² | | | | | | 30-montaža 56-kooperacija inozemna | | | | * - alternativni dio | | | |

7. MODELIRANJE U PROGRAMSKOM PAKETU CATIA V5



Kako je u uvodu spomenuto, projektiranje i montaža mjerno-redukcijske stanice povezuje inženjerska područja strojarstva, građevinarstva i elektrotehnike. U današnje doba postoji mnogobrojna ponuda softvera za oblikovanje i projektiranje procesa i proizvoda pomoću računala koja u sebi sadrže alate za povezivanje područja strojarstva, građevinarstva i elektrotehnike sa ciljem što realnijeg oblikovanja proces i proizvoda. Tijekom projektiranja mjerno-redukcijske stanice korišten je AutoCAD, softverski alat tvrtke Autodesk za izradu tehnički crteža.

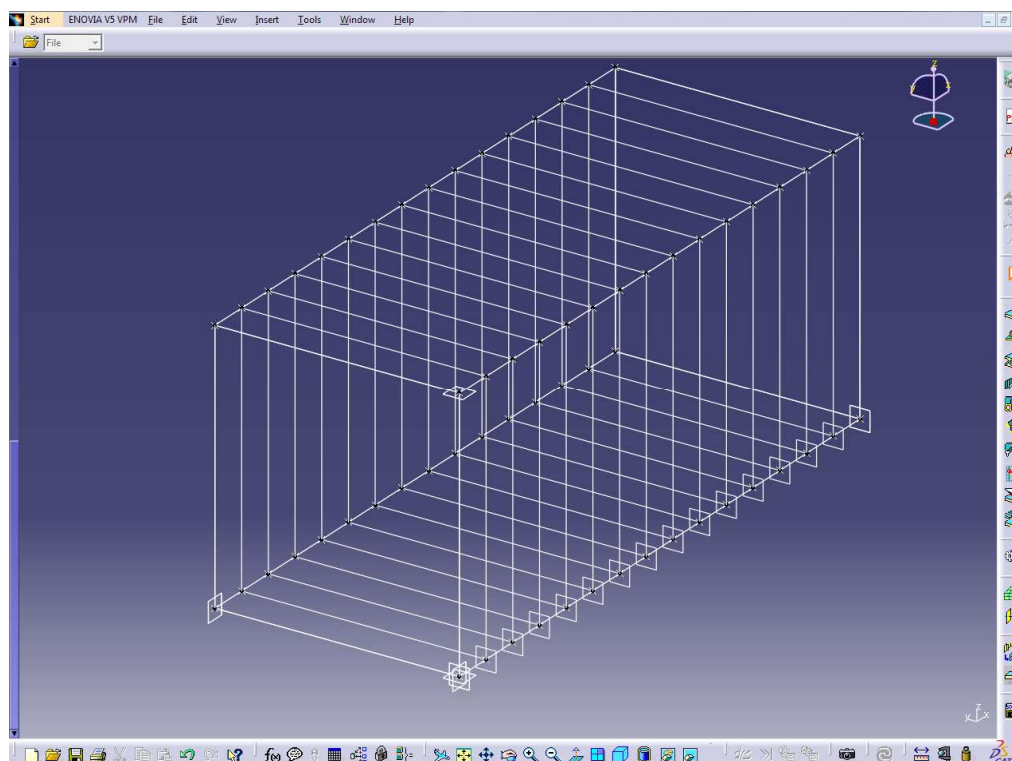
U daljnjem nastavku rada izradit će se model proizvoda i simulirati tijekom procesa montaže pomoću programskih paketa CATIA i DELMIA francuske tvrtke Dassault Systems. Pomoću simulacije će se izvršiti analiza montaže na virtualnom trodimenzionalnom radnom mjestu.

CATIA – CAD/CAE/CAM softversko rješenje, koje korisnicima daje široki raspon namjenskih rješenja koja pokrivaju sve aspekte oblikovanja i izrade proizvoda.

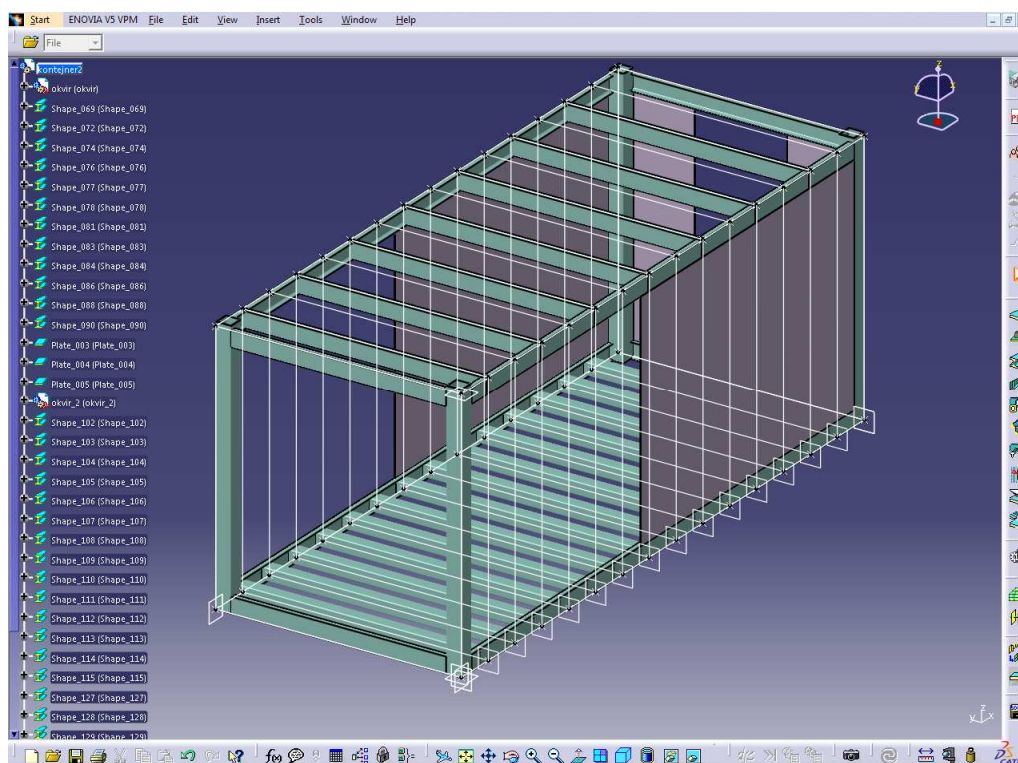
DELMIA – Definira proizvodnju na većoj razini detalja u 3D okruženju što omogućava tvrtkama da razviju optimalan proces i prilagode proizvodnju.

Kontejner MRS-a, konstrukcija složena iz hladno oblikovanih čeličnih profila koji su međusobno spojeni zavarivanjem (prilog 2.), je modeliran korištenjem funkcije *Mechanical*

Design-Structure Design  koja u sebi sadrži bazu podataka standardnih čeličnih profila. *Structure Design* omogućuje jednostavno modeliranje kontejnera na način da se formira rešetka naredbom *Grid*  (Slika 20.), željenih dimenzija te se preko rešetke pozicioniraju i spajaju čelični profili i zidne plohe (Slika 21.).

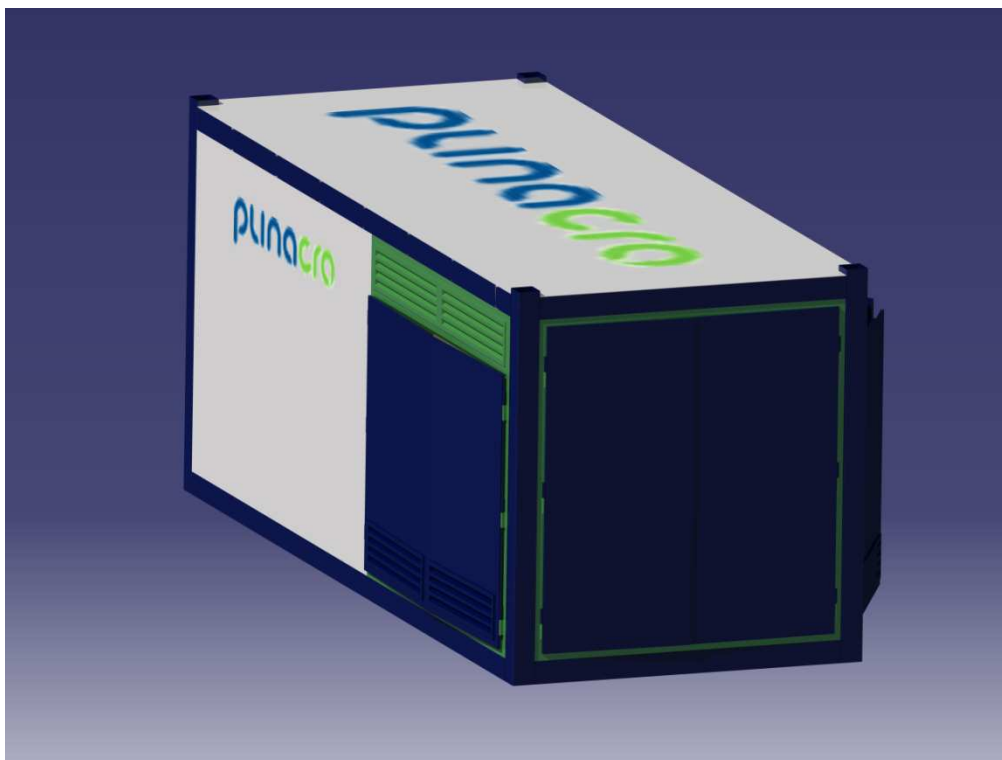


Slika 20. Oblikovanje okvira kontejnera



Slika 21. Umetanje čeličnih profila na okvir kontejnera


Sva ulazna vrata, okvir vrata, vratna krila te krov kontejnera su izrađeni u *Part Design* i sklopljeni s konstrukcijom kontejnera u *Assembly Designu* (Slika 22.).



Slika 22. Model MRS kontejnera

Model mjerno-redukcijsko dijela MRS-a sadrži elemente definirane u strukturnoj sastavnici (Tablica 6.) te je izrađen na temelju tehničkih crteža glavnog projekta.


Shematski prikaz funkcionalne relacije cjevovoda, instrumenata i opreme unutar MRS prikazuje se P&ID dijagramom –od engleskog izraza „*Piping and Instrumentation Diagram*“. Simbolima se prikazuju: cjevovodi, uključujući i fizički slijed grana, redukcije, ventili, oprema, instrumenti i kontrolni ventili. i ostali standardni i nestandardni elementi.

Odabirom funkcije *Equipment & Systems-Piping Discipline-Piping Design* , moguće je modeliranje cijevne linije tj. sklopanje cijevi i cijevnih elemenata (koljena, T-komada, redukcijskih komada i slično), prirubnica, brtvi i ventila standardnih dimenzija u funkcionalnu cjelinu.

U tehničkoj dokumentaciji nazivni promjer cijevi je označen u palcima odnosno inčima. Kod naftnih i plinovodnih postrojenja ovo je uglavnom pravilo s obzirom da se radi prema američkim ASME i ANSI normama. Ipak treba naglasiti jedinicu mjere kako ne bi došlo do zabune: kratica NPS (Nominal Pipe Size) koristi se za engleske jedinice i predstavlja promjer cijevi u inčima, a oznaka DN (Diameter Nominal) se koristi za europske jedinice i bazira se na milimetrima. Niti jedna niti druga oznaka ne predstavljaju stvarni promjer cijevi. Kako bi se olakšalo označavanje stvarni promjeri su zaokruženi i kao takvi predstavljaju oznaku ili nazivni promjer. Vanjski promjer cijevi je konstantne vrijednosti dok se unutarnji mijenja ovisno o debljini stijenke, a ovisi o dozvoljenom tlaku unutar cijevne linije. CATIA omogućuje odabir mjernih jedinica u inčima ili milimetrima.

Specifikacije svih elemenata mjerno-redukcijske linije dani su glavnim projektom (poglavlje 6. specifikacija opreme i materijala). Njime je određeno od kojeg materijala, odnosno po kojem standardu za materijal, se pojedini element izrađuje i koji je standard za dizajn, odnosno dimenzije elementa. Prirubnica je dio cjevovoda, a služi za povezivanje dijelova

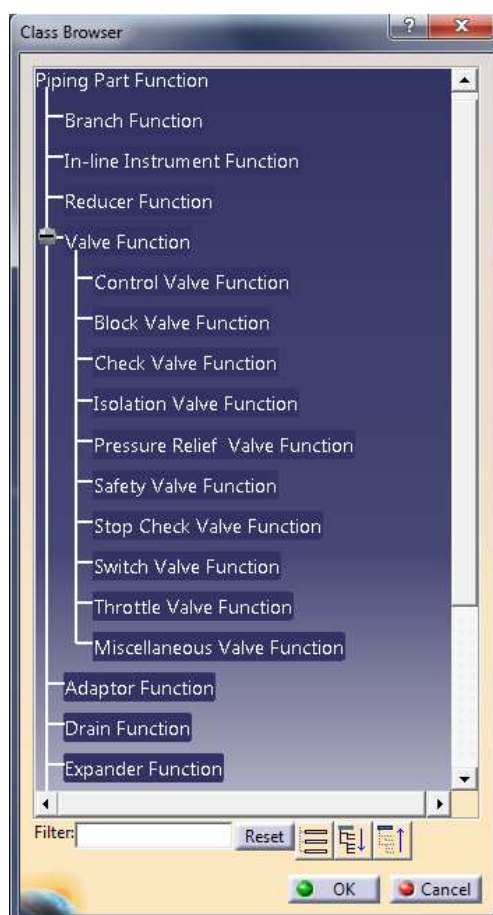
cijevne linije vijčanim spojem. Na taj način su pojedini dijelovi odvojivi i olakšana je izmjena u slučaju potrebe. Kako bi međusobna veza dviju prirubnica bila nepropusna u spoj se umeće brtva. Prirubnice su obrađene ASME B16.5 normom za cijevi promjera do 24" i klase od 150, 300, 400, 600, 900, 1500 i 2500, a ASME B16.47 je norma za promjere cijevi od 26" do 60" i klase 75, 150, 300, 400, 600 i 900. Ventili su tehnički cijevni elementi te se klasificiraju normom ASME B16.34 za klase 150, 300, 400, 600, 900, 1500, 2500 i 4500.

Korištenjem funkcije *Place Piping Part*  otvara se prozor (Slika 23.), s listom mogućih funkcija ventila ili cijevnih elementa te se odabirom željene funkcije ta vrsta ventila ili cijevnog elementa umeće u radni prostor (Slika 24.). Pri odabiru ventila i cijevnih elemenata potrebno je odabrati željene karakteristike, nazivni promjer i klasu.

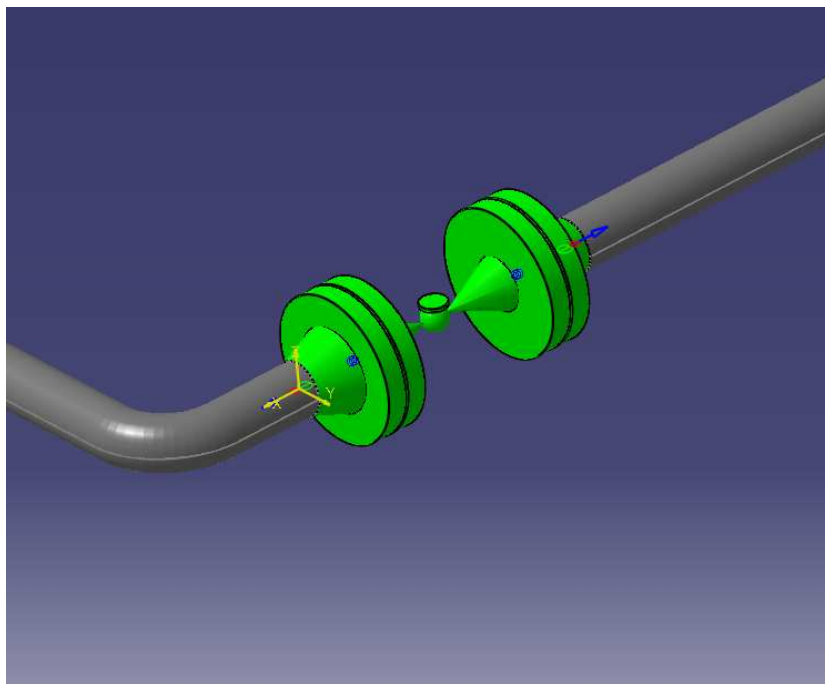
Ako se cijevni element spaja na postojeću cijev onda je samo slaganje cijevne linije olakšano automatskim prepoznavanjem standardnog promjera cijevi na koji se spaja cijevni element te se shodno tome vrši automatska prilagodba dimenzija cijevnog elementa.

Piping Design prikazuje cijevi, prirubnice i brtve s točnim vanjskim dimenzijama ali bez prikaza provrta. Prikaz ventila je podjednako pojednostavljen te se glavna funkcija i obilježja ventila prikazuje simbolima. Takav prikaz cijevnih elemenata je sličan shematskom prikazu cjevovoda iz P&I dijagrama gdje je važno prikazati funkcionalni raspored cijelog sustava ali nije bitan prikaz svih elemenata za ostvarenje te funkcije, kao što su provrti na prirubnicama, vijci i matice, zavari.

Kako je u ovome radu naglasak na montaži MRS, model stanice u CATIA-i će sadržavati prikaz vijčanih spojeva (vijaka i matica) te će shodno tome biti potrebno izraditi modele prirubnica i ventila kako bi se u potpunosti mogli prikazati elementi montaže.

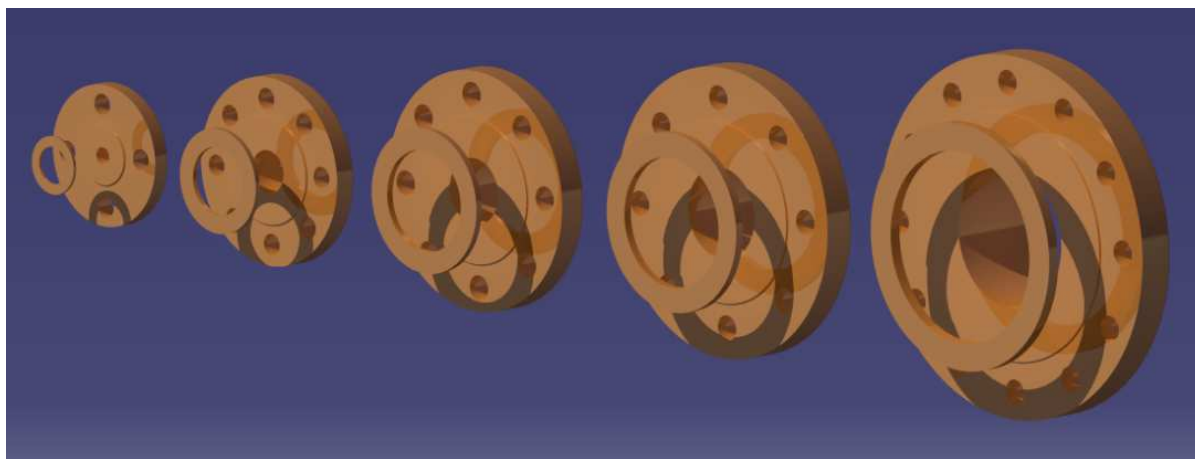


Slika 23. Odabir funkcije cijevnog elementa



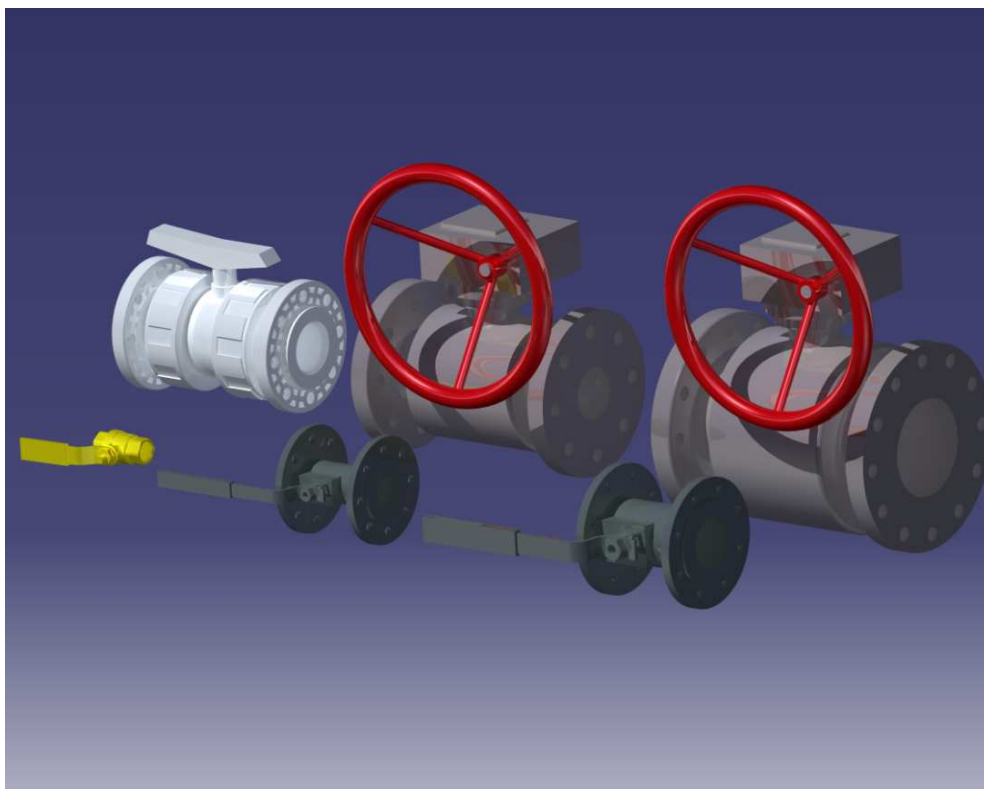
Slika 24. Standardni prikaz kuglastog ventila i prirubnice u CATIA-i

Modeli prirubnica i brtvi (Slika 25.), standardnih dimenzija prema specifikacijama iz tablice 3. i tablice 5. preuzeti su s internetske stranice traceparts koja sadrži bazu 3D CAD modela proizvoda raznih tvrtki [13].

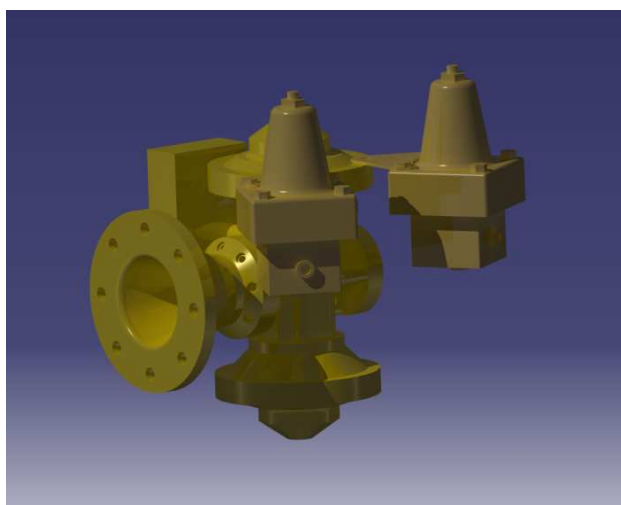


Slika 25. Brtve i prirubnice nazivnog promjera DN 25, DN 50, DN 80, DN 100 i DN 150 [13]

Ventili i ostala oprema su kreirani u *Part Designu* prema dokumentaciji proizvođača navedenih u specifikacijama opreme (tablice 2. i 4.). Slika 26. prikazuje modele ventila. Slika 27. prikazuje regulator tipa Cronos s dva regulacijska pilota PS79 a Slika 28. konstrukciju nosača cjevovoda.



Slika 26. Modeli ventila i slavina

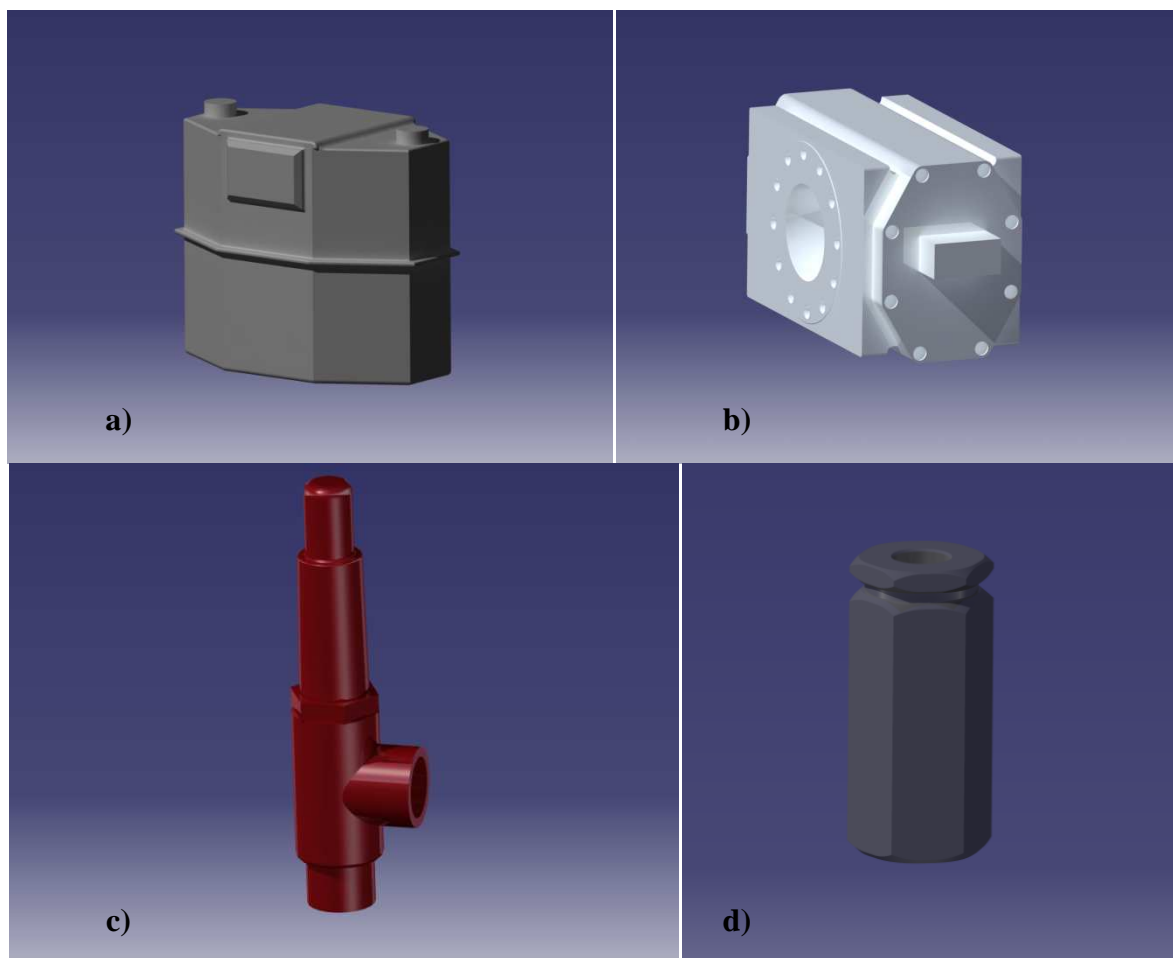


Slika 27. Regulator tipa Cronos i dva pilota PS79



Slika 28. Elementi nosača cjevovoda

Slika 29. prikazuje modele mjerač protoka plina (a), mjerilo protoka, tip IRM-3 (b), sigurnosnog ispušnog ventila, tipa SVO-N (c), te ispušni ventil V-20-2 (d) oblikovanih prema dokumentaciji proizvođača. Slika 30. prikazuje model filter-zagrijača plina.

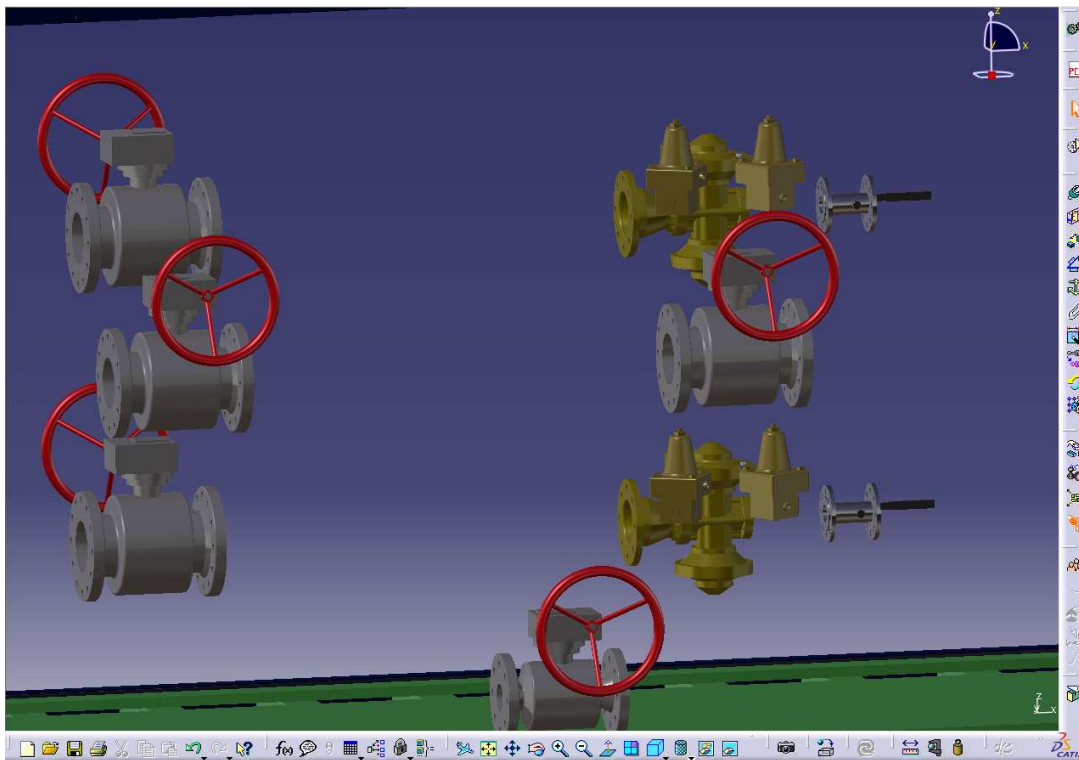


Slika 29. Model mjerac protoka plina (a), mjerilo protoka, tip IRM-3 (b), sigurnosnog ispušnog ventila, tipa SVO-N (c), te ispušni ventil V-20-2 (d)



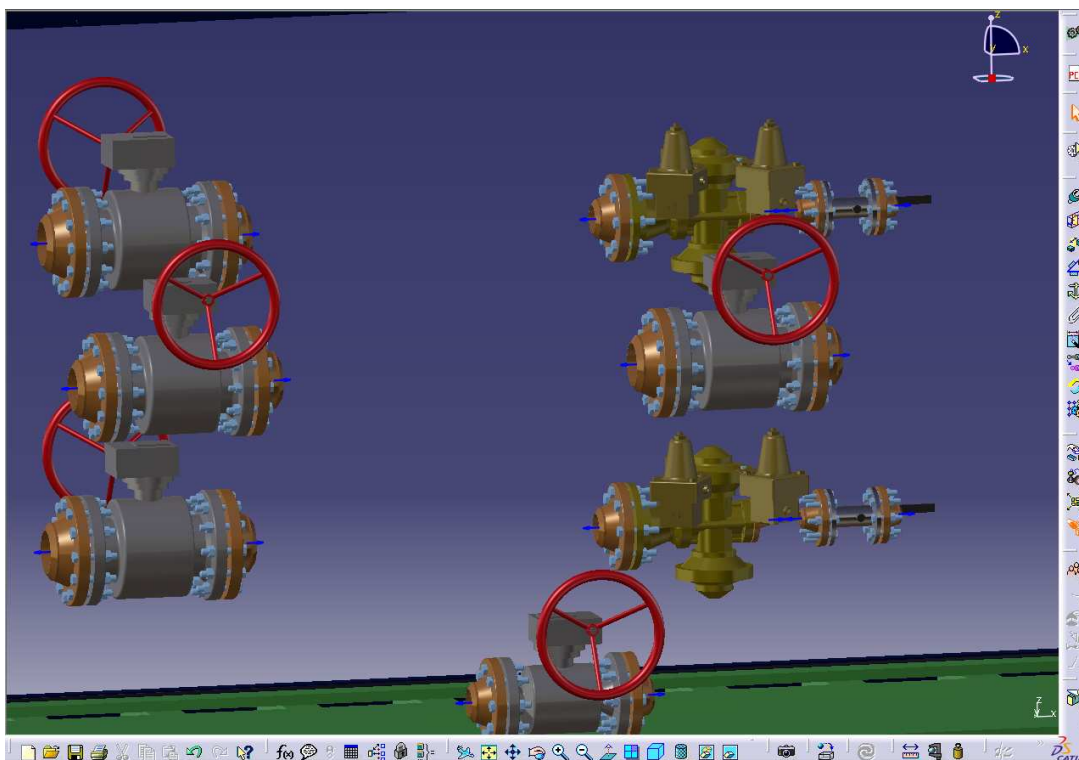
Slika 30. Filter-zagrijač plina

Modeliranje mjerno-redukcijske linije MRS-a započinje rasporedom ventila i opreme unutra kontejnera (Slika 31.), korištenjem funkcija *Assembly Design*, a prema tehničkoj dokumentaciji strojarskog projekta.





Slika 31. Smještaj opreme unutar kontejnera MRS-a

Zatim se dodaju brtve i prirubnice s vijcima i maticama na odgovarajuća mjesta (Slika 32.).

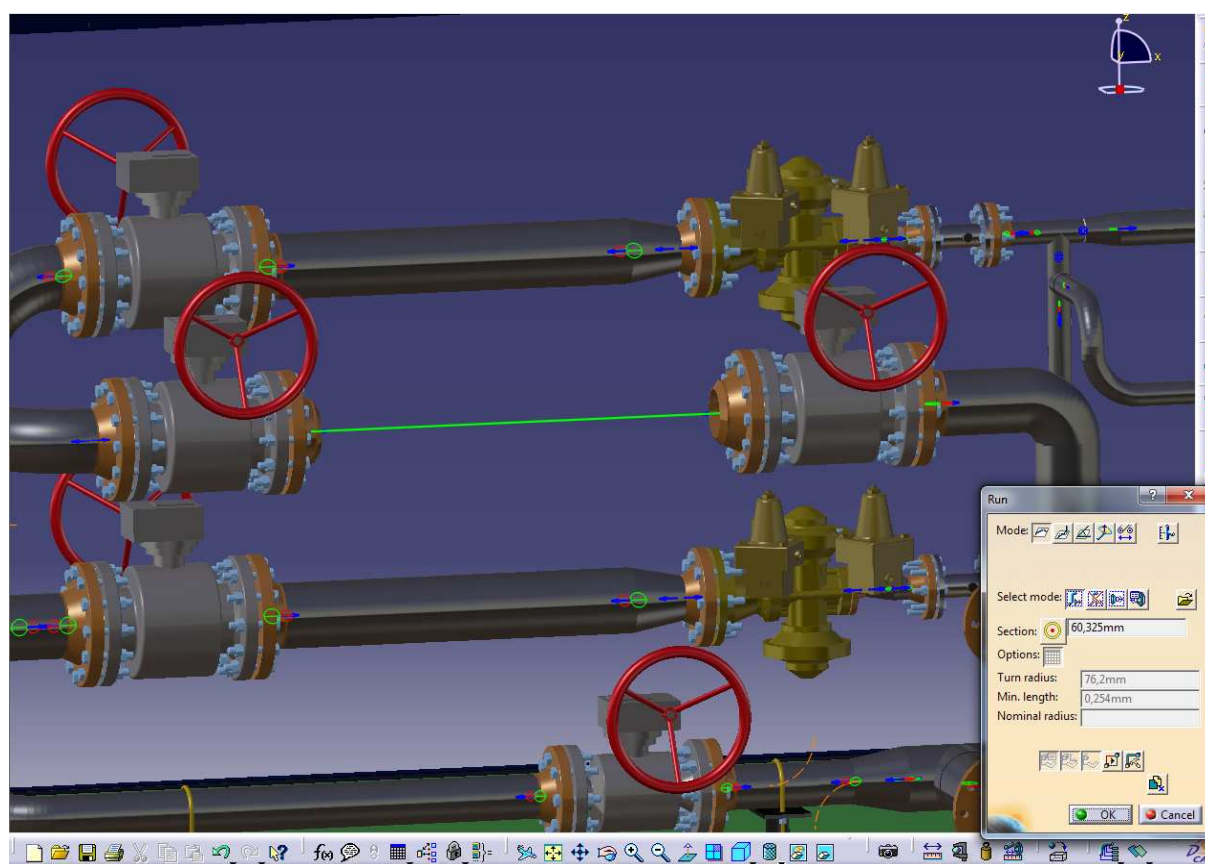


Slika 32. Umetanje prirubnica, brtvi, vijaka i matica.

Nakon pozicioniranja opreme, brtva i prirubnica unutar kontejnera potrebno je definirati na prirubnicama pozicije spajanja cijevi. Točka spajanja se definira unutar *Piping Designa* korištenjem naredbe *Build Connector* .

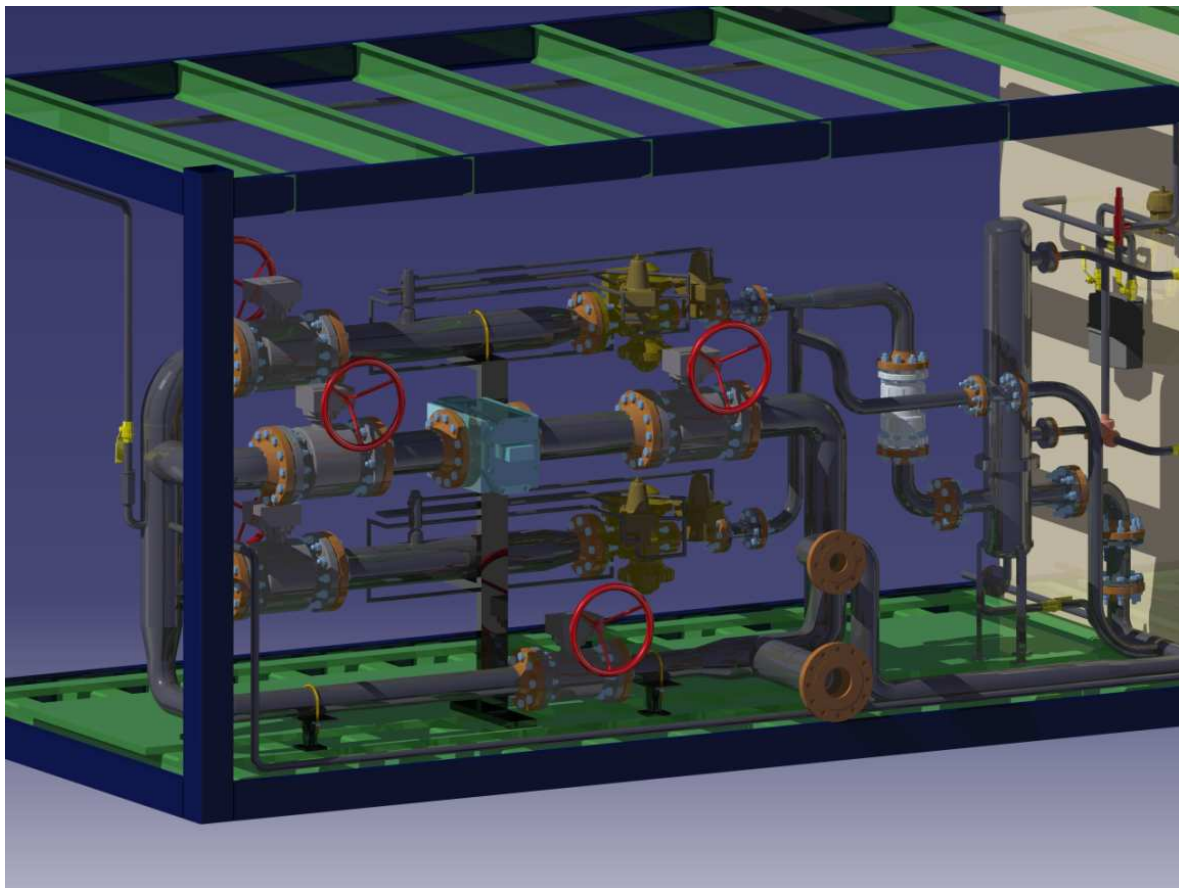
Sa definiranim spojnim mjestima, korištenjem naredbe *Route a Run* , dovoljno je kliknuti na početnu točku, koja može biti prirubnica, koljeno, kraj cijevi, ventil i slično ili se može kliknuti na bilo koju prethodno kreiranu točku u prostoru, te povući liniju koja predstavlja središnjicu cijevi do mjesta željenog završetka linije koja opet može biti prirubnica, kraj cijevi, ventil ili slobodna točka u prostoru. CATIA automatski proračunava moguće putanje i spaja dvije točke (Slika 33.).

Ukoliko je potrebno moguće je podešavanje pozicije cijevne linije u prostoru ili direktnim umetanjem na liniju postavljanje cijevnih elementa, koljena, T-komada, redukcijskih komada i slično.

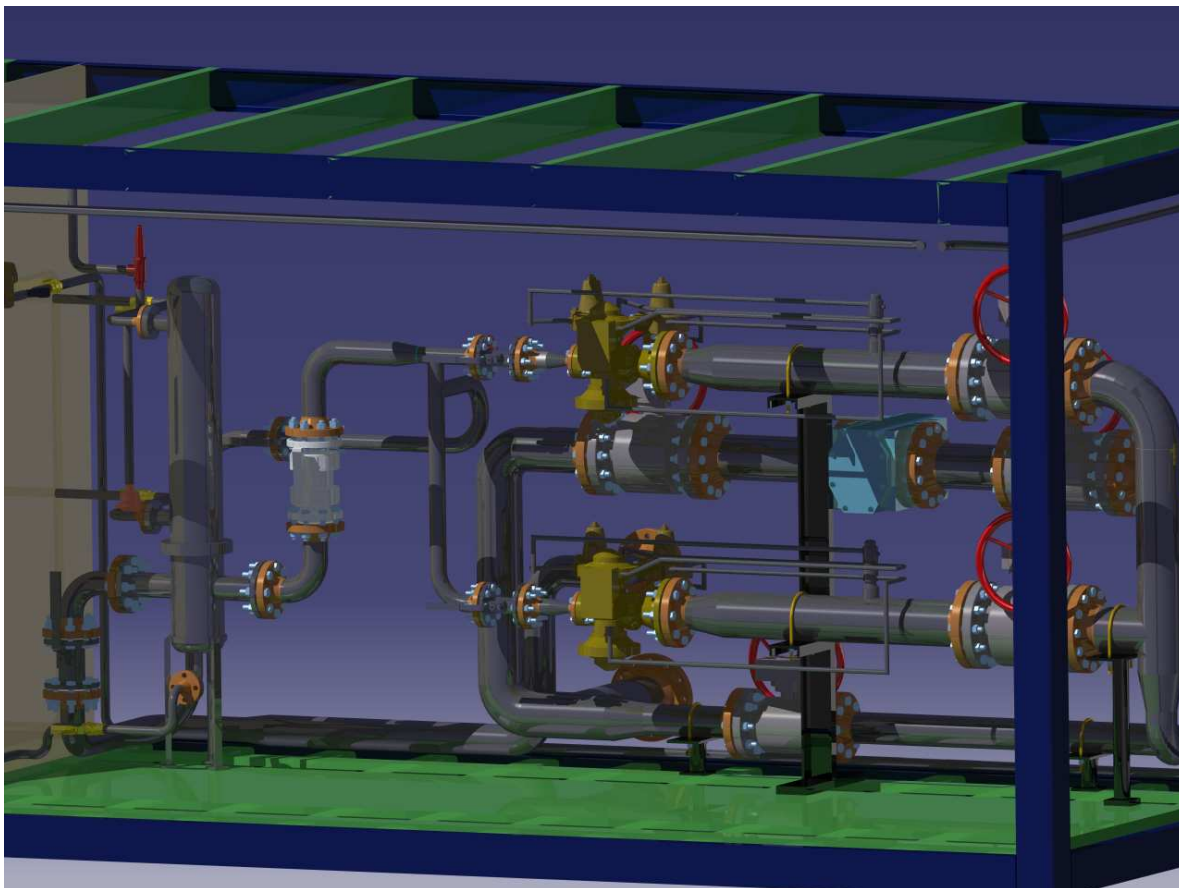


Slika 33. Umetanje cijevi i spajanje s cijevnim elementima

Postavljanjem svih cijevnih linija model mjerno-redukcijskog dijela MRS-a je izrađen. Slika 34. i Slika 35. prikazuju model mjerno-redukcijskog dijela MRS-a.



Slika 34. Mjerno-redukcijski dio MRS-a



Slika 35. Mjerno-redukcijski dio MRS-a, pogled sa strane

8. MONTAŽA MJERNO-REDUKCIJSKE STANICE

8.1. Osnove montaže

Industrijski načinjeni tehnički proizvodi sastoje se često iz više ugradbenih elemenata, koji se izrađuju u različitim vremenima i na različitim mjestima. Zadatak montaže je, da se sustav ugradbenih elemenata nekog proizvoda sklopi u sustav veće kompleksnosti određene namjene u određenom broju komada u jedinici vremena [12].

Ugradbeni elementi koji se sklapaju mogu biti pojedinačni dijelovi, sklopovi (geometrijski određene tvorevine sastavljene od najmanje dva ugradbena elementa) te bezoblične tvari. Odnosi između ugradbenih elemenata ostvaruju se spojevima.

Montažu izvode ljudi i/ili strojevi, a prema tome se i dijeli na ručnu (obična i mehanizirana) te na jednonamjensku (indeksirana i slobodnog transporta) ili programabilnu automatsku (višenamjensku, uz upotrebu robota).

Svaki montažni proces se sastoji od tri komponente: montažnih operacija, toka, i strukture. Montažne operacije se mogu razvrstati u pet skupina: spajanje (postupak kojim se ugradbeni elementi dovode u međusobni odnos i osiguravaju od rastavljanja), rukovanje (kojim se ugradbeni elementi dovode u položaj za spajanje), kontrole, podešavanja i u posebne operacije. Spajanje se može postići sljedećim postupcima: sastavljanjem, punjenjem, pritiskivanjem i utiskivanjem, praoblikovanjem, preoblikovanjem, zavarivanjem, lemljenjem, lijepljenjem te spajanjem tekstila.

Prema svojstvima, spojevi se dijele na: neposredne i posredne; rastavljive, nerastavljive i uvjetno rastavljive; pokretne i nepokretne. Za razliku od neposrednih spojeva, posredni spojevi posjeduju pomoćne spojne elemente.

Tok definira slijed izvođenja montažnih operacija.

Struktura proizvoda opisuje raspored ugradbenih elemenata i njihove međusobne odnose u proizvodu. Njome se definira dubina podjele proizvoda, mogući broj sklopova i njihovu međusobnu hijerarhijsku zavisnost. Prema broju ugradbenih dijelova struktura može biti jednodijelna ili višedijelna, a prema stupnju ugradnje jednostupnjevanja ili višestupnjevanja.

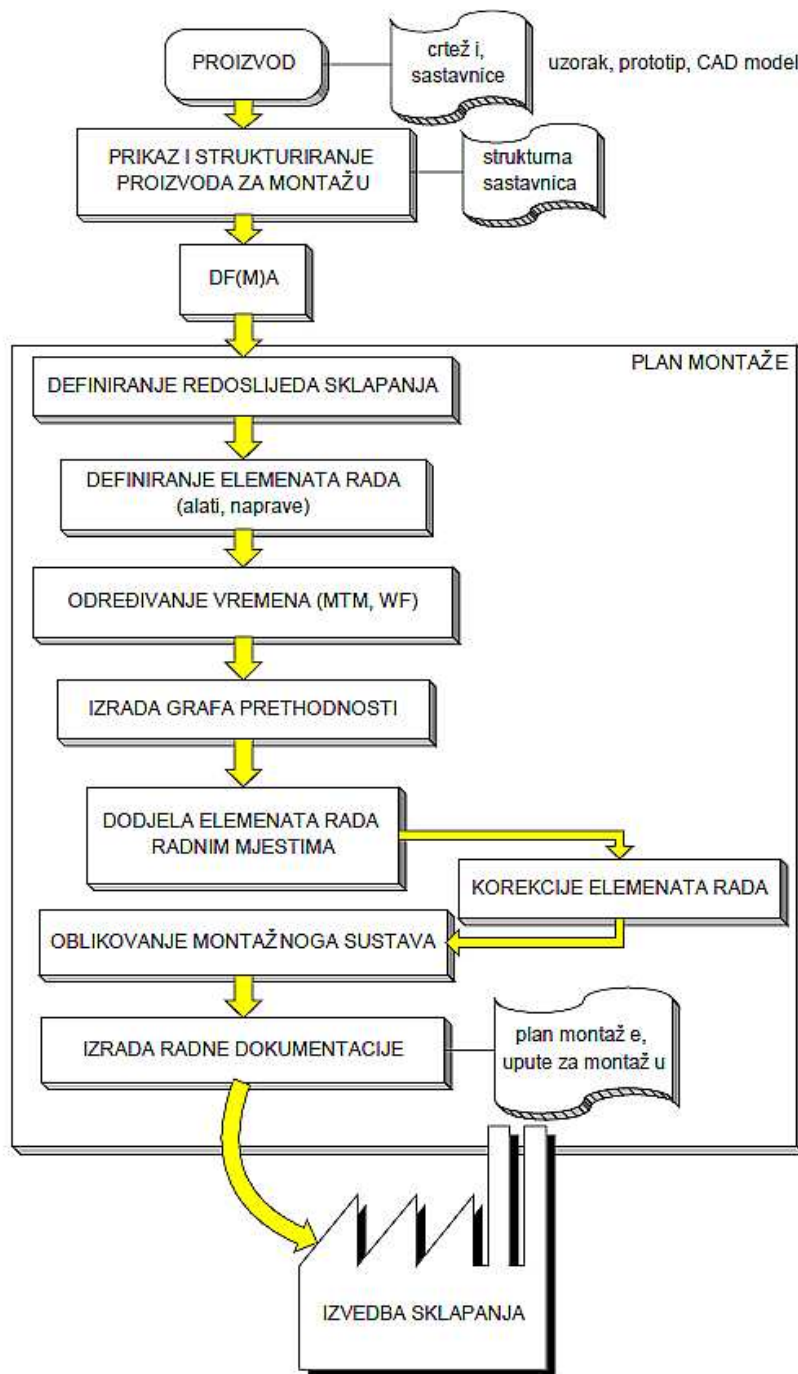
Struktura procesa određena je strukturom proizvoda, a iskazuje se mogućnošću podjele procesa, tako da se dijelovi procesa mogu izvoditi nezavisno jedan od drugoga i vremenski usporedno. Stoga se montažni proces može podijeliti na predmontažu i završnu montažu.

Strukturiranje proizvoda, odnosno dodjeljivanje ugradbenih elemenata određenim strukturnim razinama moguće je izvršiti prema različitim kriterijima: funkcija, proces montaže, dispozicija. U daljnjem tijeku radnje struktura mjerno-redukcijske stanice biti će razmatrana sa stajališta procesa montaže (ugradbeni elementi se dodjeljuju onom stupnju ugradnje gdje se stvarno sklapaju u cjelinu veće složenosti).

Pri oblikovanju – projektiranju (Slika 36.) montažnog procesa i sustava prvi korak je definiranje činitelja koji imaju najveći utjecaj na proizvod, a time i proces montaže. Najveći utjecaj imaju: geometrijska i fizikalna svojstva ugradbenih elemenata, kompleksnost (broj spojeva odnosno broj ugradbenih elemenata), struktura proizvoda, kvalitativni zahtjevi, broj komada i broj varijanti proizvoda.

Nositelji informacija o proizvodu potrebnih za oblikovanje montažnih procesa su crteži (proizvoda, sklopova, i dijelova) i sastavnice. Osnova za montažni proces su sklopni crteži

(obični ili ekspanzirani). Uz crtež se uvijek i daju i sastavnice koje opisuju pozicije naznačene na crtežu.



Slika 36. Postupak projektiranja montažnog sustava

Razmatranjem izradbe i montaže već tijekom oblikovanja (konstruiranja) proizvoda postiže se značajno sniženje troškova proizvodnje i smanjenje potrebnog vremena montaže. To se postiže raznim metodama za analizu i preoblikovanje proizvoda. Jedna od takvih metoda je „Oblikovanje proizvoda za sklapanje” (*Design for Assembly - DFA*).

Svrha DFA metode jest sniženje troškova sklapanja, uz povišenje kvalitete i skraćanje vremena realizacije proizvoda na tržištu. To se pokušava ostvariti smanjenjem broja dijelova proizvoda (sklopa), i ostvarivanje uvjeta da se (preostali) dijelovi lako sklope.

Kako bi se proces montaže što efikasnije odvijao potrebno je izraditi **plan montaže**. Plan sadrži skup informacija potrebnih za obavljanje montaže nekoga proizvoda, prikazujući postupak izvođenja i sredstva za montažu. Početno stanje predstavlja skup ugradbenih elemenata (dijelovi, sklopovi, bezoblične tvari), a ciljno je stanje sklop (proizvod).

Ovisno o shvaćanju i uvjetima izrade, plan poprima različite oblike i obuhvaća različite sadržaje, kao što su: definiranje pravilnog redoslijeda sklapanja i orijentacije ugradbenih dijelova, definiranje elemenata rada, određivanje vremena, izradu grafa prethodnosti, dodjelu elemenata rada radnim mjestima, korekciju elemenata rada, montažna sredstva, oblikovanje montažnog sustava te izradu radne dokumentacije.

Nakon određivanja redoslijeda sklapanja ugradbenih elemenata definiraju se **elementi rada**. Elementi rada navode se bez detalja o načinu njihovog izvođenja, njima se definira što i u kojem redoslijedu treba sklapati.

Za određivanje vremena izvođenja montaže, ovisno o zahtijevanoj točnosti i projektnom zadatku, u fazi planiranja procesa, koriste se: metoda procjene i usporedbe, računaska metoda, i sustavi unaprijed određenih vremena. Kod metode procjene i usporedbe vrijeme izvođenja montaže se procjenjuje na osnovi iskustva tehnologa ili se određuje usporedbom s vremenom montaže sličnog postojećeg sklopa.

Sustavi unaprijed određenih vremena su postupci koji se temelje na raščlani elemenata rada u osnovne pokrete, kojima se dodjeljuje unaprijed određeni standard vremena, određen prirodom pokreta i uvjetima izvođenja. Određivanjem osnovnih pokreta i dodjeljivanjem odgovarajućih vremena, određuje se vrijeme potrebno za izvođenje elemenata rada. Najpoznatiji sustavi unaprijed određenih vremena su *Work Factor (WF)* i *Methods-Time Measurement (MTM)*.

Potom se izrađuje **graf prethodnosti** montaže proizvoda, koji predočava tehnološki i vremenski tijek izvođenja elemenata rada. Njime se prikazuje koji se elementi rada moraju izvoditi slijedno jedan za drugim, odnosno koji se mogu izvoditi usporedno, nezavisno jedan od drugoga. Elementi rada se u graf prethodnosti unose u vremenskoj točki najranijeg mogućeg izvođenja.[12]

U nastavku radnje izrađene je strukturna sastavnica i izveden plan montaže (kao i graf prethodnosti) koji sadrži jednoznačan opis procesa montaže i sve potrebne informacije za njegovo izvođenje i kontrolu. On tehnički i organizacijski definira proces montaže. Tehnička funkcija se odnosi na izvođenje procesa i sadrži informacije o: potrebnim ugradbenim elementima, elementima rada u najpovoljnijem redoslijedu i opremi radnih mjesta (alat, naprave, strojevi i slično). Organizacijska se funkcija odnosi na planiranje, ustroj, upravljanje i obračun troškova montažnoga procesa, a izražava se informacijama o mjestu troška, norma vremenu, grupi plaćanja i veličini serije.

8.2. Postojeći proces montaže mjerno-redukcijskog dijela MRS-a

Kako je u uvodu već spomenuto, mjerno-redukcijska stanica opisana u ovome radu jest projektirana za ugradnju u plinovodni sustav Like i Dalmacije, dio od MČS-3 Gospić do PČ Benkovac. Prema planu razvoja plinovodnog sustava, potrebno je pet MRS-a za spomenuti dio plinovodnog sustava Like i Dalmacije te je prema glavom projektu, također opisanom u ovome radu, izrađeno i montirano četiri mjerno-redukcijske stanice.

Prema strojarskom projektu, sve montažne radove izvodi izvođač koji je opremljen potrebnom radnom opremom, alatom, priborom, napravama i potrošnim materijalom, i koji ima na raspolaganju vještu i iskusnu radnu snagu za kvalitetno obavljanje ovakve vrste posla. Radovi se trebaju izvoditi pod stručnim nadzorom izvođačevog inženjera. Za izvođača radova je odabran **Macel plin d.o.o.** ovlašteni serviser plinsko redukcijske opreme proizvođača Tartarini, Actaris i ostalih proizvođača koji su zastupljeni na hrvatskom tržištu.

Macel plin d.o.o. kao svoju osnovnu djelatnost pruža kompletnu uslugu održavanja plinsko redukcijske opreme. Ciklus održavanja redukcijske opreme podrazumijeva polugodišnje funkcionalno ispitivanje i kontrolu rada, ono obuhvaća i izmjenu filter uložaka, te redovito godišnje baždarenje sigurnosnih ventila u skladu s važećim hrvatskim propisima.

Montaža čelične cijevne mreže u stanici obuhvaća montažu: cijevi, navojnih i navarnih cijevnih elemenata (koljena, T-komada, redukcijskih komada i slično), prirubnica i prirubničkih spojeva, navojnih spojeva i drugoga, a sve u skladu s odgovarajućim crtežima i specifikacijama materijala i opreme.

Sve elemente i dijelove koje izvođač radova treba izraditi od cijevi, limova i profilnog željeza kao što su: nosači cijevi i opreme, moraju biti izvedeni prema crtežu i od specificiranog materijala.

Prije početka montaže, treba sve cijevi prekontrolirati da nisu oštećene, ulubljene ili izvijene, te ih očistiti od svih nečistoća.

Prije zavarivanja treba sve navarne krajeve cijevi i cijevnih elemenata prekontrolirati jesu li čisti i glatki, odnosno s ispravnim skošenjem (za cijevi deblje od 4 mm). Sve cijevi debljine stijenke do 3 mm zavaruju se zavarnim šavom u jednom sloju, a preko te debljine u dva zavarne sloja tj. korijen i ispuna. Zavarivanje se izvodi elektrolučno.

Držače cjevovoda i opreme, treba izvođač montažnih radova izraditi prema crtežu u radionici ili na terenu, te ih ugraditi na mjesto ugradnje zavarivanjem na nosač opreme (*skid*).

Kompletna stanica, montira se, ispita na čvrstoću vodom pod tlakom 1,5 puta većim od radnog u trajanju od 8 sati, te se nakon toga stanica prevozi na lokaciju i ispita na nepropusnost.

Kako je kompletna stanica smještena unutar kontejnera (Slika 37.), potrebno je prethodno izraditi kontejner u kojem će se montirati oprema. Kontejner izrađuje Jedinstvo d.d. čiji glavni proizvodni program obuhvaća izradu sanitarni, stambenih, specijalnih i drugih kontejnerskih objekata.

Građevinskim projektom definirani su zahtjevi za kontejner.

U zahtjevima se navode:

- dimenzije kontejnera – duljina 6058 mm, širina 2438 mm, visina 2591 mm,
- osnovna konstrukcija kontejnera iz hladno oblikovanih čeličnih profila koji su međusobno spojeni zavarivanjem,
- konstrukcija zidova, podne i krovne plohe,
- dimenzije ulaza,
- ventilacija prostora,
- plinotijesno brtvljenje instalacija i konstrukcija,
- izrada vrata,
- izrada *skida*,
- antikorozivna zaštita, i
- ostali dodatni zahtjevi za smještaj mjerno-redukcijske linije i kotlovnice u kontejner.

Gotov kontejner se dostavlja na lokaciju montaže opreme. Kontejner je smješten na otvorenom prostoru ispred skladišta u kojemu se nalazi materijal, oprema i alati (Slika 38.).

Proces montaže opreme obavljaju četiri radnika, osim pri pozicioniranju filter-zagrijača plina gdje je potrebno šest radnika. Pozicioniranje opreme se vrši uz pomoć hidraulične sklopive dizalice (Slika 39.), maksimalne nosivosti 1100 kg (ovisno o poziciji kрана). Kako je kontejner MRS tijekom montaže postavljen na blokove iznad tla omogućen je jednostavan pristup unutrašnjosti kontejnera sa kranom dizalice pri čemu konstrukcija mobilnog postolja sklopive dizalice se nalazi ispod kontejnera. U osnovi postupak montaže se svodi na pozicioniranje i spajanje sklopova cijevnih elemenata, koji su u predmontaži sklopljeni zavrivanjem, na nosače cijevi. Zatim, uz pomoć hidraulične dizalice, pozicionira se oprema (ventili, regulator tlaka, mjerilo protoka) i spaja priрубnicama na cijevne elemente. Pri procesu spajanja priрубnica je potrebno tri radnika jer se istodobno spajaju obje strane opreme sa priрубnicama cjevovoda. Postupak se nastavlja dok se ne spoji sva oprema i svi cijevni elementi. U nastavku rada je detaljnije opisan postupak montaže mjerne linije MRS-a.



Slika 37. Kontejner MRS



Slika 38. Lokacija montaže MRS



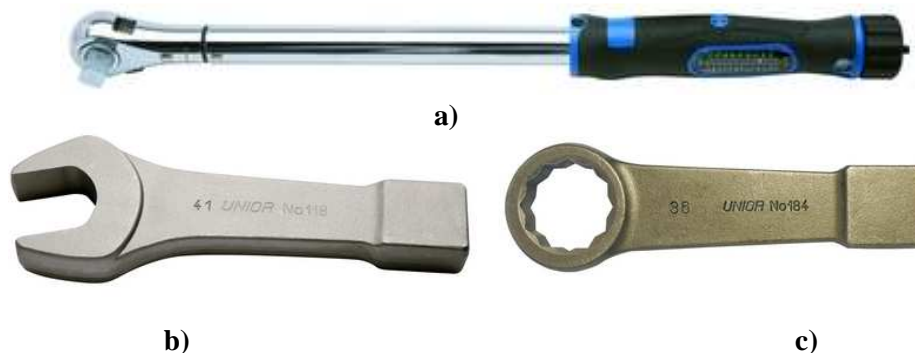
Slika 39. Kranska sklopiva hidraulična dizalica

Uza zavarivanje cijevnih elemenata tijekom predmontaže najuobičajeniji postupak spajanja opreme MRS-a je spajanje vijčanjem. Gotovo sva oprema se spaja sa cijevnim elementima preko priрубničkih spojeva, ostala oprema se spaja direktno na cijevi sa navojnim spojem. Sklopovi povezani vijcima su najuobičajeniji i najrasprostranjeniji sklopovi u mehanici. Ove vrste sklopova sadrže u sebi dva osnovna elementa:

- jedan od elementa je komponenta sa navojem:
 - vijak i matica,
 - klin sa maticom na jednom kraju,
 - klin sa maticom na oba kraja.

Ove komponente se ponekad koriste različitim vrstama podložnih pločica.

- drugi element je dio pomoću kojeg se vrši zatezanje. Alati korišteni za zatezanje vijaka su:
 - momentni ključ – Slika 40.a)
 - viljuškasti udarni ključ – Slika 40.b)
 - okasti udarni ključ – Slika 40.c).



Slika 40. Ručni alat: a) Momentni ključ, b) viljuškasti udarni ključ i c) okasti udarni ključ

Iako se sklopovi povezani vijcima naizgled doimaju jednostavnima, oni inženjerima koji ih projektiraju, tehničarima koji ih sklapaju, te odjelu za održavanje stvaraju određene probleme. Prilikom faze projektiranja često se koristi metoda "grubog dimenzioniranja", što za posljedicu ima odstupanje svih komponenata sklopa u veličini, što ne osigurava sigurnost sklopa, nego baš naprotiv njegovu nesigurnost.

Oblikovanje i proračunavanje vijčanih spojeva zahtijeva ozbiljan i metodološki pristup, jer pogreške mogu dovesti do vrlo skupih kvarova i katastrofalnih posljedica. Mnoge analize su pokazale da su najčešći uzrok kvara sklopova povezanih vijcima, njihovo nepravilno projektiranje (analiza, crtež, izračun, odabir komponenata) ili upotreba (metoda zatezanja, upotreba alata, provjera). Analize su isto tako pokazale da je među mogućim uzrocima kvara sklopa (preopterećenje, nepravilno projektiranje, tvorničke greške itd.), najčešći uzrok loše sklapanje [14].

Nedovoljna zategnutost, prevelika zategnutost ili nepravilno zatezanje uzrokuju 30 % svih kvarova na sklopovima. Potrebno je još napomenuti da je 45 % svih slučajeva zamora materijala uzrokovano lošim sklapanjem [14].

Izvornim projektom nije obuhvaćeno projektiranje vijčanih sklopova i nije definiran postupak zatezanja vijaka.

Kontrola ispravnosti svih spojeva je vršena tlačnim probama na nepropusnost.

8.3. Planiranje montaže MRS-a

U izvornom procesu montaže nije izrađen plan montaže MRS te je sam postupak montaže prepušten iskustvu radnika i izvođen prema tehničkoj dokumentaciji iz glavnog projekta. Rokovi za završetak svih montažnih radova su dani terminskim planom isporuke MRS (Slika 42.). Vremenski okvir za montažu strojarske opreme je deset radnih tjedana, pri čemu tijekom montažnih radova ovisi o rokovima isporuke opreme.

Plan montaže se izrađuje kako bi se postigla efikasnija montaža. Podjelom montažnoga procesa na elemente rada, utvrđuje se točan sadržaj rada i vremena za njegovo izvođenje, te se mogu definirati točne upute za izvršenje rada i odrediti troškovi montažnoga procesa. Planom montaže moguće je određivanje vremena izvođenja montaže, ovisno o zahtijevanoj točnosti i projektnom zadatku, u fazi planiranja procesa.

Montaža mjerno-redukcijski stanica se odvija uzastopno, a efikasnijom montažom moguće je skratiti vrijeme montaže te time omogućiti raniji početak montaže sljedeće stanice. Teško je za očekivati da se na vrijeme potrebno za isporuku MRS-a može utjecati skraćanjem rokova izrade i isporuke opreme te tako preostaje samo skraćanje vremena montaže kako bi MRS isporučili u što kraćem roku. Ranija isporuka MRS-a omogućuje raniju ugradnju u plinovodni sustav Republike Hrvatske te time i povezivanje plinovodnog sustava sa lokalnom distribucijskom mrežom koja opskrbljuje industrijska poduzeća i kućanstva sa prirodnim plinom.

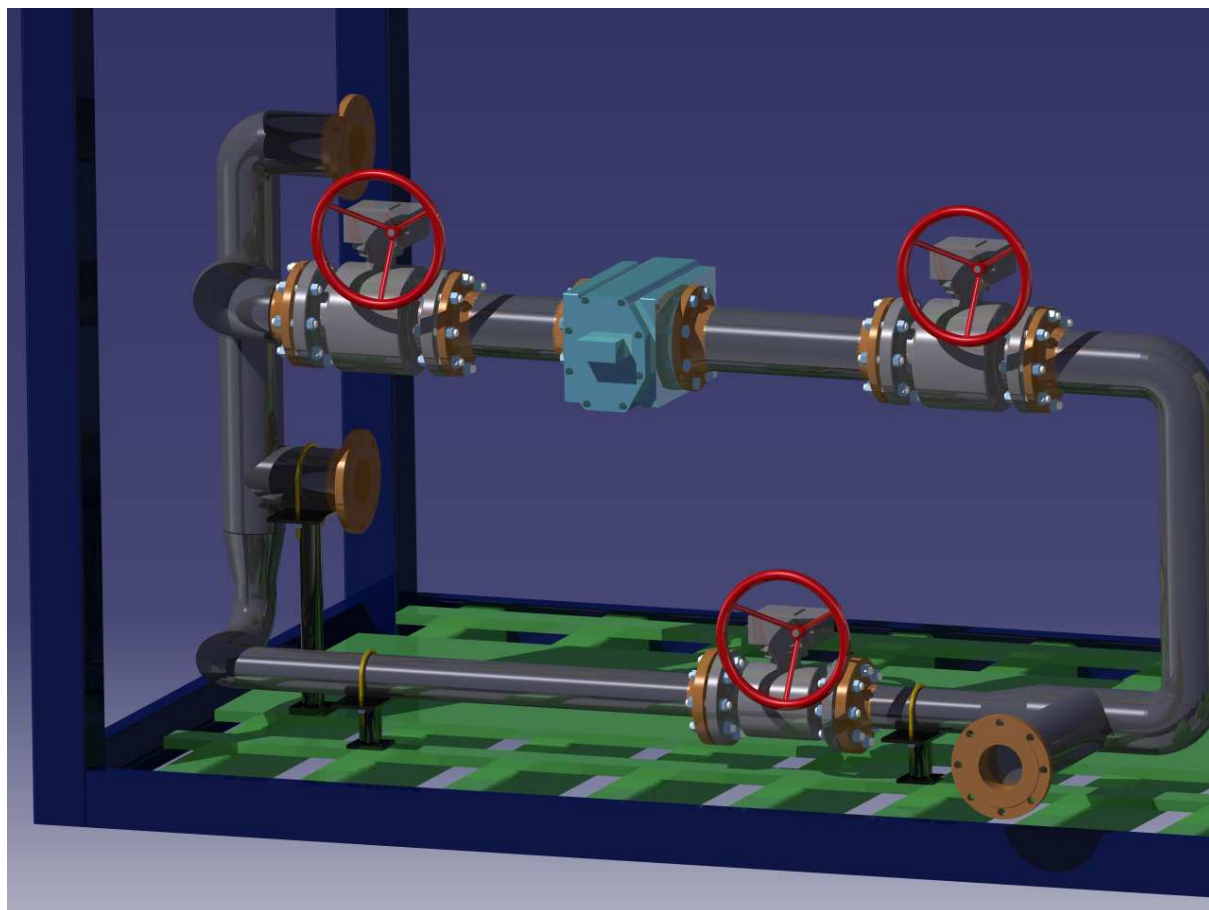
Kako je vidljivo iz terminskog plana isporuke, aktivnosti montaže strojarske opreme se preklapaju sa aktivnostima montaže elektroopreme, instrumentacijske opreme te opreme u kotlovnici što dovodi do organizacijskih probleme gdje je potrebno istodobno koordinirati više radnika iz različitih poduzeća zaduženih za svoje montažne poslove. Definiranje plana montaže omogućilo bi jednostavnije rješavanje i ovakvih organizacijskih problema.

Nakon definiranja strukture (Tablica 6.), moguće je odrediti redoslijed sklapanja odnosno definirati elemente rada, pri čemu se svaki element rada opisuje (što se pojedinim elementom izvodi – koji se ugradbeni elementi sklapaju; navođenje potrebne opreme i alata). Popis svih navedenih elemenata rada je dan planom montaže mjerno-redukcijskog dijela MRS-a (Tablica 7.).

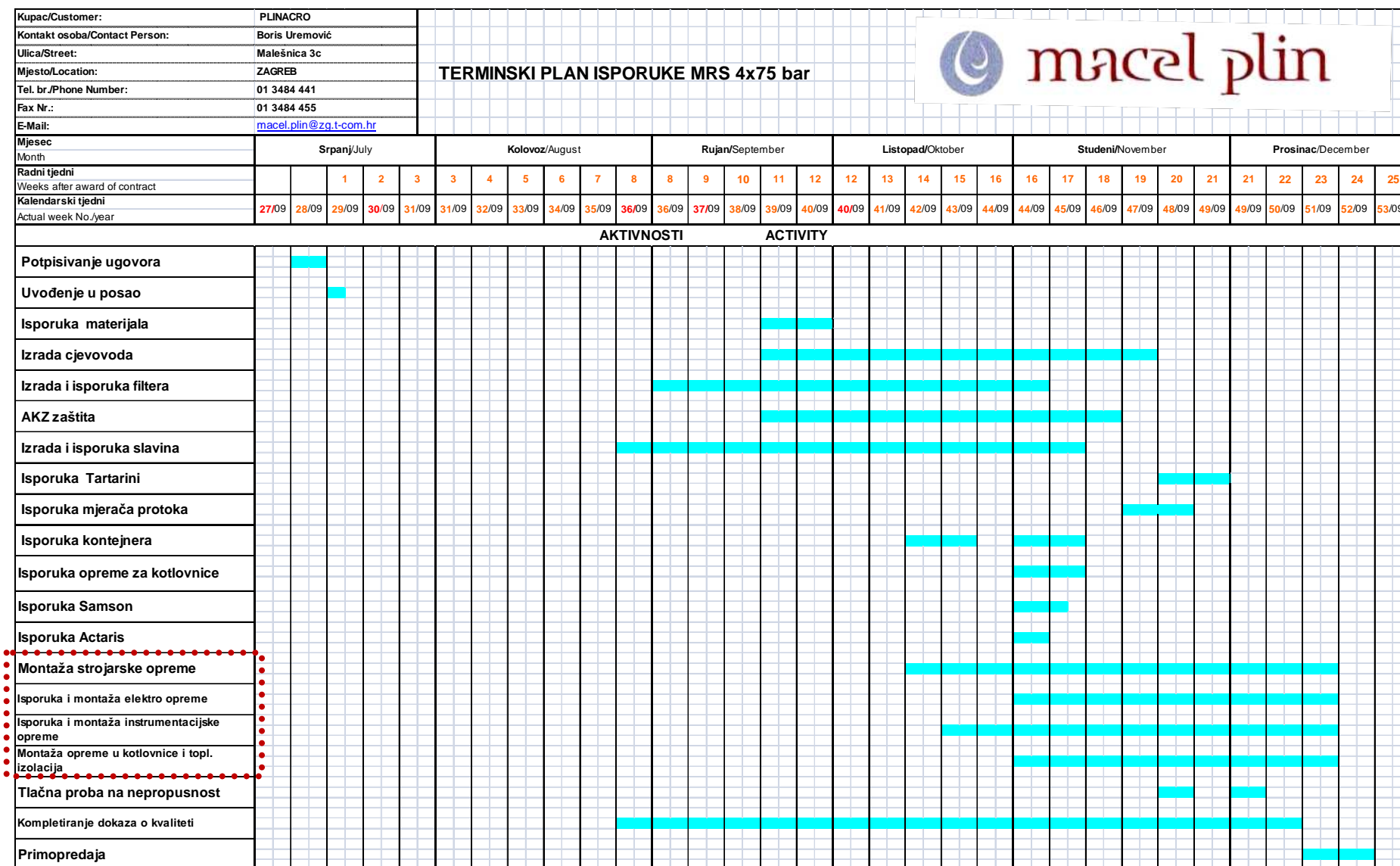
Nakon određivanja elemenata rada izrađuje se graf prethodnosti (Slika 43.) koji predočava tehnološki i vremenski tijek izvođenja elemenata rada. Pri izradi grafa prethodnosti pažnja se posvećuje da što veći broj elemenata rada krene vremenski što prije, te da se, ako je moguće, što više elemenata rada izvršava paralelno. Paralelnost elemenata rada ubrzava proces montaže, a samim time moguće je ostvariti veće proizvodne količine u zadanom vremenskom razdoblju.

Za detaljniji opis elemenata rada montaže je odabran jedan dio montaže mjerno-redukcijskog dijela stanice, postupak montaže **mjerne linije** MRS-a (Slika 41.). Prirodni plin nakon prolaska kroz redukcijsku liniju ulazi u mjernu liniju te zatim izlazi iz MRS-a. Mjerna linija sadrži i zaobilazni vod.

Postupak montaže mjeren linije obuhvaća sve procese završne montaže kojima se montiraju cijevni elementi i oprema mjerno-redukcijskog dijela MRS-a te time predstavlja reprezentativan dio montaže opreme mjerno-redukcijske linije. U grafu prethodnosti (Slika 43.) narančastom bojom su označeni elementi rada montaže mjerne linije MRS-a.




Slika 41. Mjerna linija MRS-a



Slika 42. Terminski plan isporuke MRS-a

Tablica 7. Plan montaže mjerno-redukcijskog dijela MRS-a

| | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|----------------------------|--|-------------------------------------|--------------------------|--------|---------------------------|-----------|---|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
|  FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb | | | PLAN MONTAŽE | | | Datum | Ime | Potpis | Mjesto troška: | List: | | |
| Zamjena za: | | | Naziv: MJERNO-REDUKCIJSKA DIO MRS-a | Izradio | 2011-05-16 | | | | Broj radnog mjesta: | Listova: 7 | | |
| Zamijenjen sa: | | | Identitet: | Kontrolirao | | | | | Takt (minuta): | T_{pz} (minuta): | | |
| Vrijedi, od-do: | | | Broj crteža: | Optimalna serija, od-do (komada): | | | Veličina serije (komada): | | Komada/smjena: | | | |
| Oznaka radnog mjesta/ stroja | Broj radnika | Oznaka elementa rada | Opis elemenata rada | Ugradbeni elementi, materijal | Broj crteža/ standard | Komada | Sastavnica | | Sredstva za mon- tažu, kontrolu i ispitivanje | Vrijeme izrade t_i (minuta) | Norma vrijeme t_1 (minuta) | Kvalifikacija radnika |
| | | | | | | | List | Broj poz. | | | | |
| | | E1 | Pozicioniranje i orijentiranje filter- zagrijača plina | UE1 | | 1 | | | | | | |
| | | E2 | Spajanje filter-zagrijača vijčanjem na <i>skid</i> | UE1 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE19 | | 3 | | | | | | |
| | | | | UE20 | | 3 | | | | | | |
| | | E3 | Pozicioniranje i spajanje zavarivanjem sklopa nosača horizontalnih cijevi DN150 na skid | UE27 | | 1 | | | | | | |
| | | E4 | Pozicioniranje i spajanje zavarivanjem sklopa nosača horizontalnih cijevi DN100 na skid | UE37 | | 1 | | | | | | |
| | | E5 | Pozicioniranje "sklopa cijevnih elemenata G" | UE31 | | 1 | | | | | | |
| | | E6 | Spajanje obujmicom "sklop cijevnih elemenata G" sa sklopom nosača horizontalnih cijevi DN150 | UE31 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE29 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE3 | | 4 | | | | | | |
| | | E7 | Spajanje obujmicom "sklop cijevnih | UE31 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE38 | | 1 | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----|--|------|--|----|--|--|--|--|--|--|
| | | | elemenata G" sa sklopom nosača horizontalnih cijevi DN100 | UE3 | | 4 | | | | | | |
| | | E8 | Pozicioniranje i spajanje zavarivanjem sklopa nosača horizontalnih cijevi DN100 na skid | UE37 | | 1 | | | | | | |
| | | E9 | Pozicioniranje "sklopa cijevnih elemenata L" | UE35 | | 1 | | | | | | |
| | | E10 | Spajanje obujmicom "sklop cijevnih elemenata L" sa sklopom nosača horizontalnih cijevi DN100 | UE35 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE38 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE3 | | 16 | | | | | | |
| | | E11 | Pozicioniranje kuglaste slavine DN 100 | UE36 | | 1 | | | | | | |
| | | E12 | Spajanje prirubnicom kuglaste slavine DN 100 sa "sklopom cijevnih elemenata G" | UE36 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE17 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE20 | | 16 | | | | | | |
| | | E13 | Spajanje prirubnicom kuglaste slavine DN 100 sa "sklopom cijevnih elemenata L" | UE36 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE17 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE20 | | 16 | | | | | | |
| | | E14 | Pozicioniranje kuglaste slavine DN 150 | UE30 | | 1 | | | | | | |
| | | E15 | Pozicioniranje "sklopa cijevnih elemenata J" | UE32 | | 1 | | | | | | |
| | | E16 | Spajanje prirubnicom kuglaste slavine DN 150 sa "sklopom cijevnih elemenata G" | UE30 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE16 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE20 | | 16 | | | | | | |
| | | E17 | Spajanje prirubnicom "sklop cijevnih elemenata J" s kuglastom slavinom DN150 | UE32 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE16 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE20 | | 16 | | | | | | |
| | | E18 | Pozicioniranje kuglaste slavine DN 150 | UE30 | | 1 | | | | | | |
| | | E19 | Pozicioniranje "sklopa cijevnih elemenata K" | UE34 | | 1 | | | | | | |
| | | E20 | Spajanje prirubnicom kuglaste slavine DN 150 sa "sklopom cijevnih elemenata L" | UE30 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE16 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE20 | | 16 | | | | | | |
| | | E21 | Spajanje prirubnicom "sklop cijevnih | UE34 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE16 | | 8 | | | | | | |

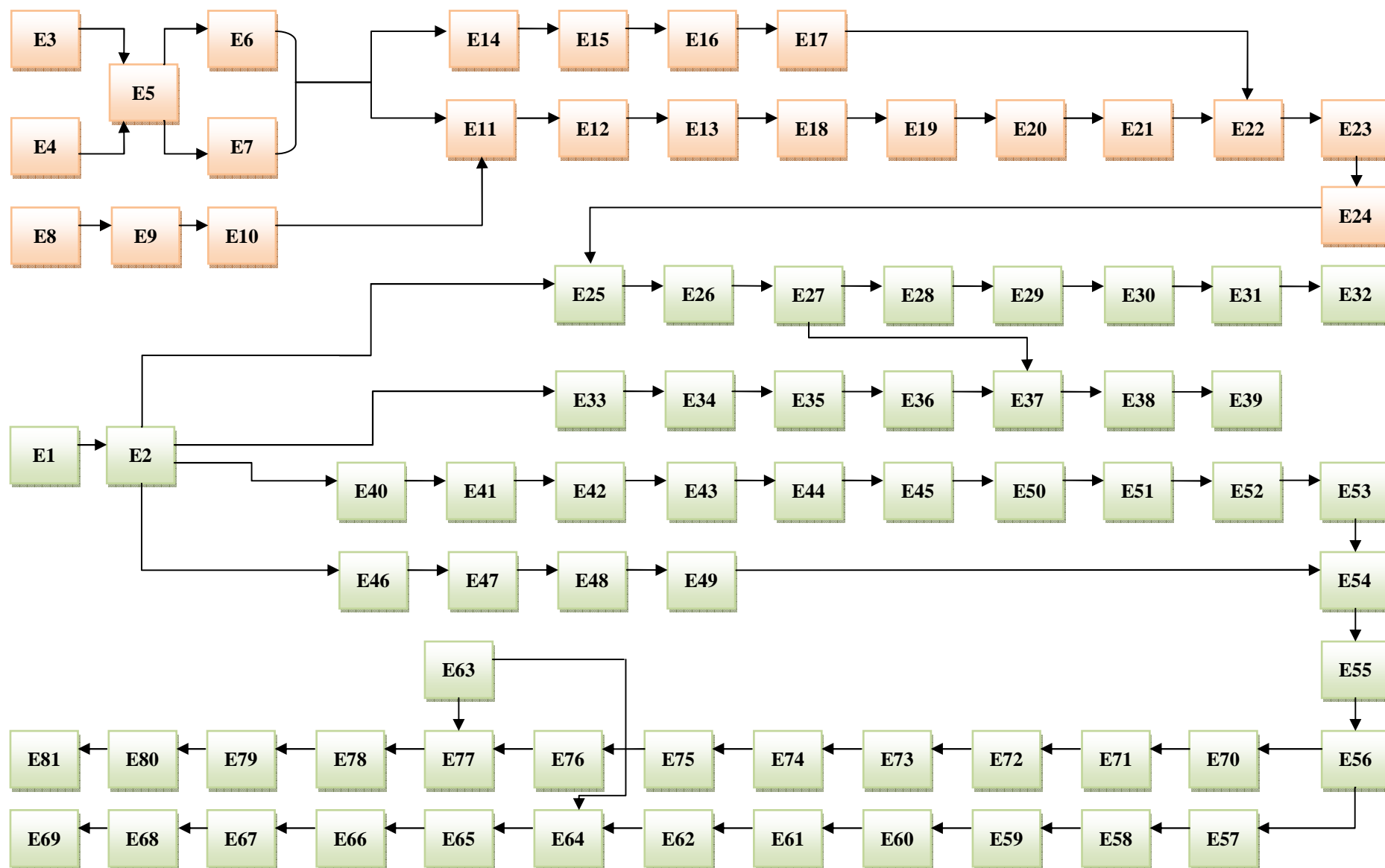
| | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----|--|------|--|----|--|--|--|--|--|--|
| | | | elemenata K" s kuglastom slavinom DN150 | UE20 | | 16 | | | | | | |
| | | E22 | Pozicioniranje mjerila protoka plina | UE33 | | 1 | | | | | | |
| | | E23 | Spajanje prirubnicom mjerila protoka plina sa "sklopom cijevnih elemenata J" | UE33 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE16 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE20 | | 16 | | | | | | |
| | | E24 | Spajanje prirubnicom mjerila protoka plina sa "sklopom cijevnih elemenata K" | UE33 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE16 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE20 | | 16 | | | | | | |
| | | E25 | Pozicioniranje cijevnih elemenata za kotlovnici K1 | UE4 | | 1 | | | | | | |
| | | E26 | Spajanje prirubnicom cijevni element za kotlovnici K1 s filter-zagrijačem plina | UE4 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE11 | | 4 | | | | | | |
| | | | | UE12 | | 8 | | | | | | |
| | | E27 | Pozicioniranje Samson tip 8 regulator | UE5 | | 1 | | | | | | |
| | | E28 | Spajanje prirubnicom Samson tip 8 regulatora s cijevnim elementima za kotlovnici K1 | UE5 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE11 | | 4 | | | | | | |
| | | | | UE12 | | 8 | | | | | | |
| | | E29 | Pozicioniranje cijevnog elementa za kotlovnici K2 | UE6 | | 1 | | | | | | |
| | | E30 | Spajanje prirubnicom cijevnog elementa za kotlovnici K2 sa Samson tip 8 regulatorom | UE6 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE11 | | 4 | | | | | | |
| | | | | UE12 | | 8 | | | | | | |
| | | E31 | Pozicioniranje kuglaste slavine s navojnim spojem DN25 | UE7 | | 1 | | | | | | |
| | | E32 | Spajanje kuglaste slavine s navojnim spojem DN25 s cijevnim elementom za kotlovnici K2 | UE7 | | 1 | | | | | | |
| | | E33 | Pozicioniranje sklopa cijevnih elemenata za kotlovnici K3 | UE8 | | 1 | | | | | | |
| | | E34 | Spajanje prirubnicom sklop cijevnih | UE8 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE11 | | 4 | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----|---|------|--|----|--|--|--|--|--|--|
| | | | elemenata za kotlovnici K3 s filter zagrijačem | UE12 | | 8 | | | | | | |
| | | E35 | Pozicioniranje kuglaste slavine s navojnim spojem DN25 | UE7 | | 1 | | | | | | |
| | | E36 | Spajanje kuglaste slavine s navojnim spojem DN25 sa sklopom cijevnih elemenata za kotlovnici K3 | UE7 | | 1 | | | | | | |
| | | E37 | Spajanje prirubnicom cijevnog elementa za kotlovnici K3 sa Samson tip 8 regulatorom | UE8 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE11 | | 4 | | | | | | |
| | | | | UE12 | | 8 | | | | | | |
| | | E38 | Pozicioniranje ispušnog ventila SVO-N | UE9 | | 1 | | | | | | |
| | | E39 | Spajanje ispušnog ventila SVO-N s cijevnim elementom za kotlovnici K3 | UE9 | | 1 | | | | | | |
| | | E40 | Pozicioniranje "sklopa cijevnih elemenata A" | UE13 | | 1 | | | | | | |
| | | E41 | Spajanje prirubnicom "sklop cijevnih elemenata A" s filter-zagrijačem plina | UE13 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE18 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE20 | | 16 | | | | | | |
| | | E42 | Pozicioniranje kuglaste slavine DN 80 | UE14 | | 1 | | | | | | |
| | | E43 | Spajanje kuglaste slavine DN 80 sa "sklopom cijevnih elemenata A" | UE14 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE18 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE20 | | 16 | | | | | | |
| | | E44 | Pozicioniranje "sklopa cijevnih elemenata B" | UE15 | | 1 | | | | | | |
| | | E45 | Spajanje prirubnicom "sklop cijevnih elemenata B" s kuglastom slavinom DN 80 | UE15 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE18 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE20 | | 16 | | | | | | |
| | | E46 | Pozicioniranje "sklopa cijevnih elemenata A" | UE13 | | 1 | | | | | | |
| | | E47 | Spajanje prirubnicom "sklop cijevnih elemenata A" s filter-zagrijačem plina | UE13 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE18 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE20 | | 16 | | | | | | |
| | | E48 | Pozicioniranje kuglaste slavine DN 80 | UE14 | | 1 | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----|---|------|--|----|--|--|--|--|--|--|
| | | E49 | Spajanje kuglaste slavine DN 80 sa "sklopom cijevnih elemenata A" | UE14 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE18 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE20 | | 16 | | | | | | |
| | | E50 | Pozicioniranje "sklopa cijevnih elemenata D" | UE23 | | 1 | | | | | | |
| | | E51 | Spajanje zavarivanjem "sklopa cijevnih elemenata D" sa sklopom cijevnih elemenata B | UE23 | | 1 | | | | | | |
| | | E52 | Pozicioniranje kuglaste slavine DN 50 | UE22 | | 1 | | | | | | |
| | | E53 | Spajanje prirubnicom kuglastu slavinu DN 50 sa "sklopom cijevnih elemenata D" | UE22 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE10 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE12 | | 16 | | | | | | |
| | | E54 | Pozicioniranje "sklopa cijevnih elemenata C" | UE21 | | 1 | | | | | | |
| | | E55 | Spajanje prirubnicom "sklop cijevnih elemenata C" s kuglastom slavinom DN 80 | UE21 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE18 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE20 | | 16 | | | | | | |
| | | E56 | Spajanje prirubnicom "sklop cijevnih elemenata C" s kuglastom slavinom DN 50 | UE22 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE10 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE12 | | 16 | | | | | | |
| | | E57 | Pozicioniranje kuglaste slavine DN 50 | UE22 | | 1 | | | | | | |
| | | E58 | Spajanje kuglaste slavine DN 50 sa "sklopom cijevnih elemenata C" | UE22 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE10 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE12 | | 16 | | | | | | |
| | | E59 | Pozicioniranje "sklopa cijevnih elemenata E" | UE24 | | 1 | | | | | | |
| | | E60 | Spajanje prirubnicom "sklop cijevnih elemenata E" s kuglastom slavinom DN 50 | UE24 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE10 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE12 | | 16 | | | | | | |
| | | E61 | Pozicioniranje kuglaste slavine DN 150 | UE30 | | 1 | | | | | | |
| | | E62 | Spajanje prirubnicom kuglaste slavine DN 150 sa "sklopom cijevnih elemenata G" | UE30 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE16 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE20 | | 16 | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----|--|------|--|----|--|--|--|--|--|--|
| | | E63 | Pozicioniranje i spajanje zavarivanjem sklopa nosača horizontalnih cijevi DN150 na skid | UE27 | | 1 | | | | | | |
| | | E64 | Pozicioniranje "sklopa cijevnih elemenata F" | UE26 | | 1 | | | | | | |
| | | E65 | Pozicioniranje i spajanje obujmicom "sklop cijevnih elemenata F" sa sklopom nosačem horizontalnih cijevi DN150 | UE26 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE29 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE3 | | 4 | | | | | | |
| | | E66 | Spajanje prirubnicom "sklopom cijevnih elemenata F" s kuglastom slavinom DN 150 | UE26 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE16 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE20 | | 16 | | | | | | |
| | | E67 | Pozicioniranje regulatora tlaka plina serije Cronos | UE25 | | 1 | | | | | | |
| | | E68 | Spajanje prirubnicom regulatora tlaka plina serije Cronos sa "sklopom cijevnih elemenata E" | UE25 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE10 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE12 | | 16 | | | | | | |
| | | E69 | Spajanje prirubnicom regulatora tlaka plina serije Cronos sa "sklopom cijevnih elemenata F" | UE25 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE17 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE20 | | 16 | | | | | | |
| | | E70 | Pozicioniranje kuglaste slavine DN 50 | UE22 | | 1 | | | | | | |
| | | E71 | Spajanje kuglaste slavine DN 50 sa "sklopom cijevnih elemenata C" | UE22 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE10 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE12 | | 16 | | | | | | |
| | | E72 | Pozicioniranje "sklopa cijevnih elemenata E" | UE24 | | 1 | | | | | | |
| | | E73 | Spajanje prirubnicom "sklop cijevnih elemenata E" s kuglastom slavinom DN 50 | UE24 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE10 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE12 | | 16 | | | | | | |
| | | E74 | Pozicioniranje kuglaste slavine DN 150 | UE30 | | 1 | | | | | | |
| | | E75 | Spajanje prirubnicom kuglaste slavine DN 150 sa "sklopom cijevnih elemenata G" | UE30 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE16 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE20 | | 16 | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----|--|------|--|----|--|--|--|--|--|--|
| | | E76 | Pozicioniranje "sklopa cijevnih elemenata F" | UE26 | | 1 | | | | | | |
| | | E77 | Pozicioniranje i spajanje obujmicom "sklop cijevnih elemenata F" sa sklopom nosačem horizontalnih cijevi DN150 | UE26 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE29 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE3 | | 4 | | | | | | |
| | | E78 | Spajanje prirubnicom "sklopom cijevnih elemenata F" s kuglastom slavinom DN 150 | UE26 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE16 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE20 | | 16 | | | | | | |
| | | E79 | Pozicioniranje regulatora tlaka plina serije Cronos | UE25 | | 1 | | | | | | |
| | | E80 | Spajanje prirubnicom regulatora tlaka plina serije Cronos sa "sklopom cijevnih elemenata E" | UE25 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE10 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE12 | | 16 | | | | | | |
| | | E81 | Spajanje prirubnicom regulatora tlaka plina serije Cronos sa "sklopom cijevnih elemenata F" | UE25 | | 1 | | | | | | |
| | | | | UE17 | | 8 | | | | | | |
| | | | | UE20 | | 16 | | | | | | |



Slika 43. Graf prethodnosti mjerno-redukcijskog dijela MRS-a

8.4. Montaža mjerne linije u mjerno-redukcijskom dijelu MRS-a

Prvo se pozicionira i zavaruje nosač horizontalnih cijevi DN 150 i nosač horizontalnih cijevi DN 100 na skid MRS-a. Zatim se ručno pozicionira sklop cijevnih elemenata G, koji spaja redukcijsku liniju sa mjernom linijom, na nosače horizontalnih cijevi. Slika 44. prikazuje pogled na mjerno-redukcijsku liniju, gdje su: A – sklop cijevnih elemenata G, B – nosači horizontalnih cijevi sa obujmicom. Dok jedan radnik pridržava sklop cijevnih elemenata G, drugi radnik pozicionira i spaja obujmice za cijev maticom M12.

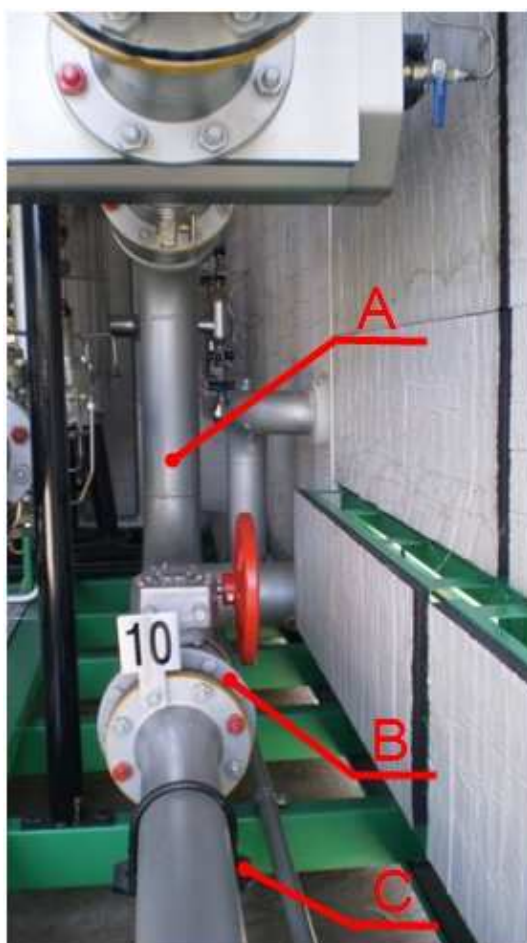


Slika 44. Pogled sa prednjih vrata na mjernu i redukcijsku liniju MRS-a

Jednak postupak se izvodi za pozicioniranje i spajanje sklopa cijevnih elemenata L na nosač horizontalnih cijevi DN 100. Pozicioniranje kuglaste slavine DN 100 na poziciju spajanja sa prirubnicama cijevnih elemenata se odvija uz pomoć hidraulične dizalice (Slika 45.). Slika 46. prikazuje pogled na kuglastu slavinu DN 100 mjerne linije, gdje su: A – sklop cijevnih elementa L, B – Ventil DN 100, C – nosač horizontalnih cijevi.



Slika 45. Priprema opreme za podizanje hidrauličnom dizalicom

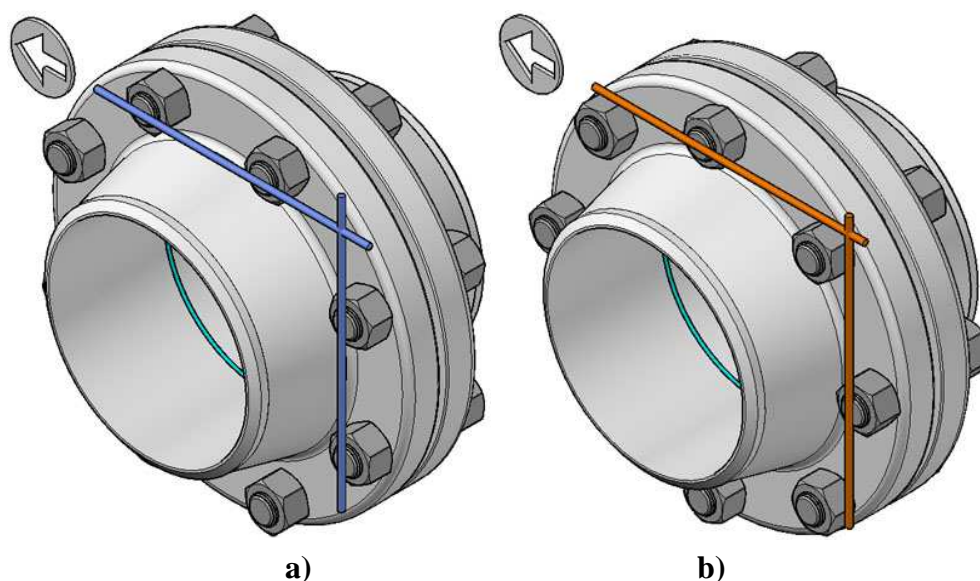


Slika 46. Pogled na kuglastu slavinu DN 100 mjerne linije MRS-a

Slavina se spaja prirubnicom na cijev. Za točno spajanje prirubničkog sklopa i snalaženje u tehničkoj dokumentaciji potrebno je poznavati klasu prirubnica i opreme te pravilan način orijentiranja prirubnice i zatezanja vijka. Sve prirubnice, osim ako nije drugačije naznačeno,

spadaju pod ASME i ASTM norme, ASME B16.5 opisuje dimenzije, dopuštena odstupanja dimenzija i tako dalje, a ASTM različite kvalitete materijala. Kovane čelične prirubnice se dijele u sedam osnovnih klasa: 150, 300, 400, 600, 900, 1500, 2500, prema konceptu da klasa 300 može podnijeti veći tlak od klase 150.

ASME B16.5 je također norma za dimenzije i broj provrta za vijke u prirubnici. Brojevi i promjeri razilaze se po klasama, ali je uvijek paran broj provrta (4, 8, 12, 16 itd.). Prije spajanja prirubnica potrebno je točno centrirati i orijentirati prirubnicu tj. provrte za vijke. Kod spajanja prirubnica u vertikalnoj ravnini provrti moraju biti orijentirani tako da leže na liniji paralelnoj horizontalnoj i vertikalnoj simetrali. Slika 47.a) prikazuje ispravno vertikalno orijentiranje dok je b) neispravno vertikalno orijentiranje.



Slika 47. Vertikalno orijentiranje prirubnice: a) ispravno, b) neispravno

Prije početka procesa spajanja vijkom, potrebno je izvesti pripremu kako bi se izbjegli potencijalni budući problemi:

- Očistiti lice prirubnice i provjerite za oštećenja, lice mora biti čisto i bez grešaka (neravni, jame, udubljenja, itd.).
- Vizualno pregledajte sve vijke i matice za oštećenja ili znakova korozije. Zamijeniti ili popraviti vijak ili maticu po potrebi.
- Ukloniti srh na navojima.
- Podmazati navoje vijak, te površinu matice koja naliježe uz prirubnicu.
- Postaviti brtvu i biti sigurni da je brtva ispravno centrirana.
- Provjerite poravnanje prirubnica prema ASME B31.3.
- Prilagodite položaj matice tako da je vidljivo dva do tri koraka navoja iznad vrha matice.

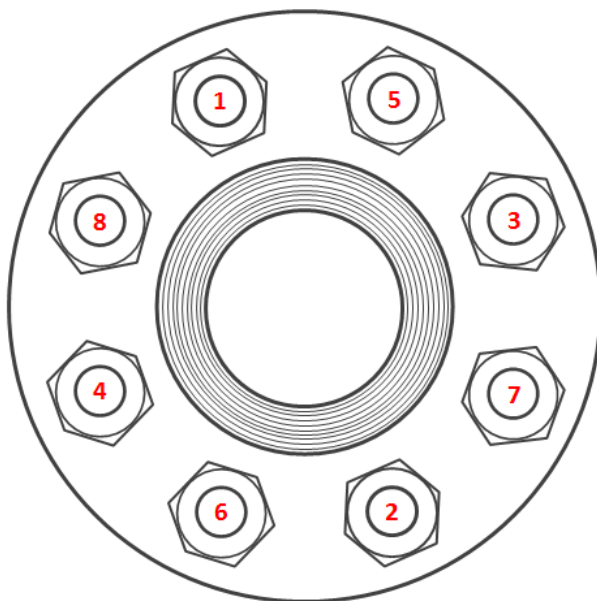
Promjer i dužina vijaka je definirana ASME B16.5 normom, a ovise o vrsti i klasi prirubnice. Kvaliteta materijala je definirana različitim ASTM normama, a razvrstana po kvalitete izrade. Često se koristi ocjena kvalitete A193 za navoj šipke i A194 za matice.

Nakon pozicioniranja i centriranja prirubnice i brtve pozicioniraju se vijci istodobno kroz provrte prirubnice sa obje strane slavine te se spajaju matice na vijke.

Zatim se prelazi na zatezanje vijaka. Pravilno zatezanje vijaka, znači najbolju upotrebu njegovih elastičnih svojstava. Da bi pravilno radio, vijak se mora ponašati poput opruge. Pri

radu, postupkom zatezanja dobiva se osovinska sila prednaprezanja vijaka. To opterećenje stezanja je ustvari jednako i suprotno sili kompresije koja djeluje na sklopljene komponente.

Izbor odgovarajuće tehnike zatezanja vijaka zahtijeva iskustvo. Uspješna primjena bilo koje tehnike također zahtijeva kvalitetne alate koji će se koristiti i radnike, koji će obaviti posao. U ovom slučaju zatezanje se vrši momentnim (kilo) ključem. Njezina glavna prednost, posebice ako promjer vijaka nije veći od 30mm, je jednostavnost i brzina upotreba. Slika 48. prikazuje redoslijed zatezanja vijaka: u prvom prolazu, lagano se zategne prvi vijak zatim se prijelazi ili direktno preko ili za 180 stupnjeva na drugi vijak, a zatim se premjestiti za 1/4 kruga ili 90° na treći vijak i izravno preko za četvrti. Ovaj niz se nastavlja dok nisu svi vijci zategnuti.



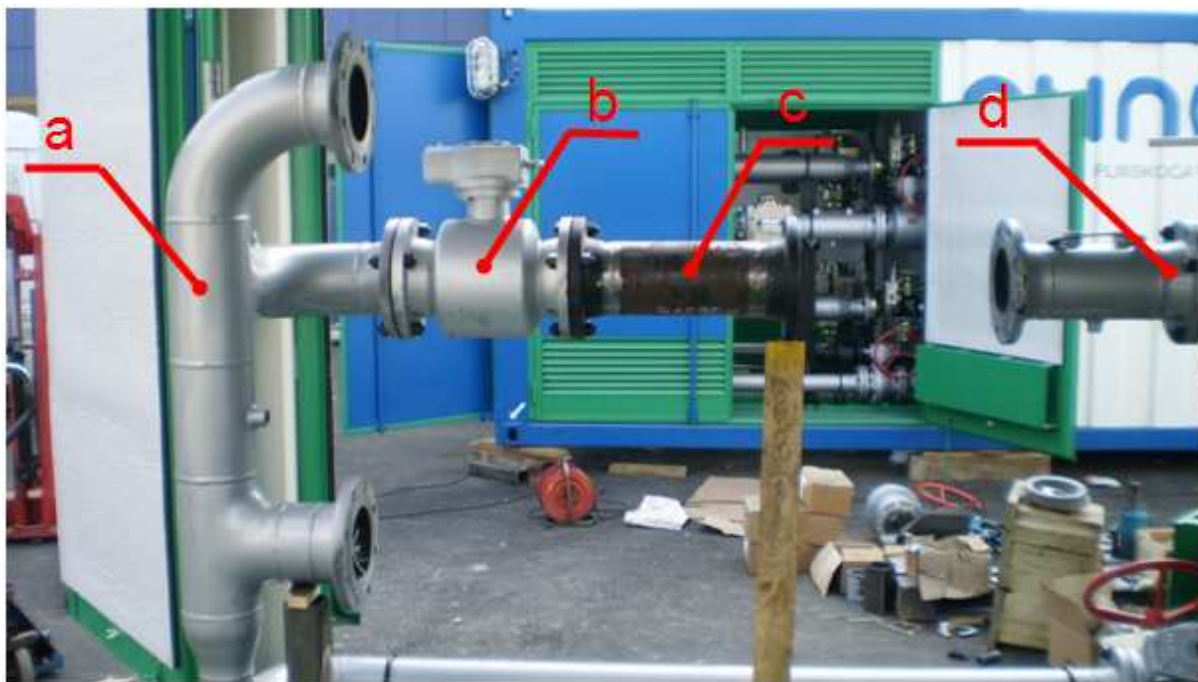
Slika 48. Redoslijed zatezanja vijaka

Kuglasta slavina DN 150 se pozicionira pomoću hidraulične dizalice na poziciju spajanja sa sklopom cijevni elemenata G. Drugi radnik pozicionira i pridržava sklop cijevnih elemenata J koja se spaja na drugu priрубnicu kuglaste slavine DN 150. Slika 49. prikazuje trenutak spajanja kuglaste slavine DN 150 sa cijevnim elementima mjerne linije, gdje je: a - sklop cijevnih elemenata G, b - kuglasta slavina DN 150, c - sklop cijevnih elemenata J, d - sklop cijevnih elemenata K. Postupak spajanja vijka se odvija jednako kao i u prethodno opisanom slučaju spajanja kuglaste slavine DN 100.

Druga kuglasta slavina DN 150 se pozicionira i istodobno spaja sa sklopom cijevnih elemenata L i sklopom cijevnih elemenata K. Zatim se pozicionira mjerilo protoka plina (Slika 50.) i spaja sa priрубnicama sklopova cijevnih elemenata L i K.

Vremenski okvir za izvođenje svih montažnih radova ugradnje opreme definiran je u terminskom planu isporuke i iznosi deset radnih tjedana.

Vrijeme potrebno za izvođenje pojedinih elemenata radova montaže nije definirano od strane izvođača montažnih radova. U daljnjem tijeku rada pokušat će se odrediti vrijeme potrebno za izvođenje elemenata rada montaže mjeren linije MRS-a određivanjem osnovnih pokreta i dodjeljivanjem odgovarajućih vremena korištenjem sustava unaprijed određenih vremena MTM-2 (*Methods-Time Measurement*).



Slika 49. Montaža kuglaste slavine DN 150

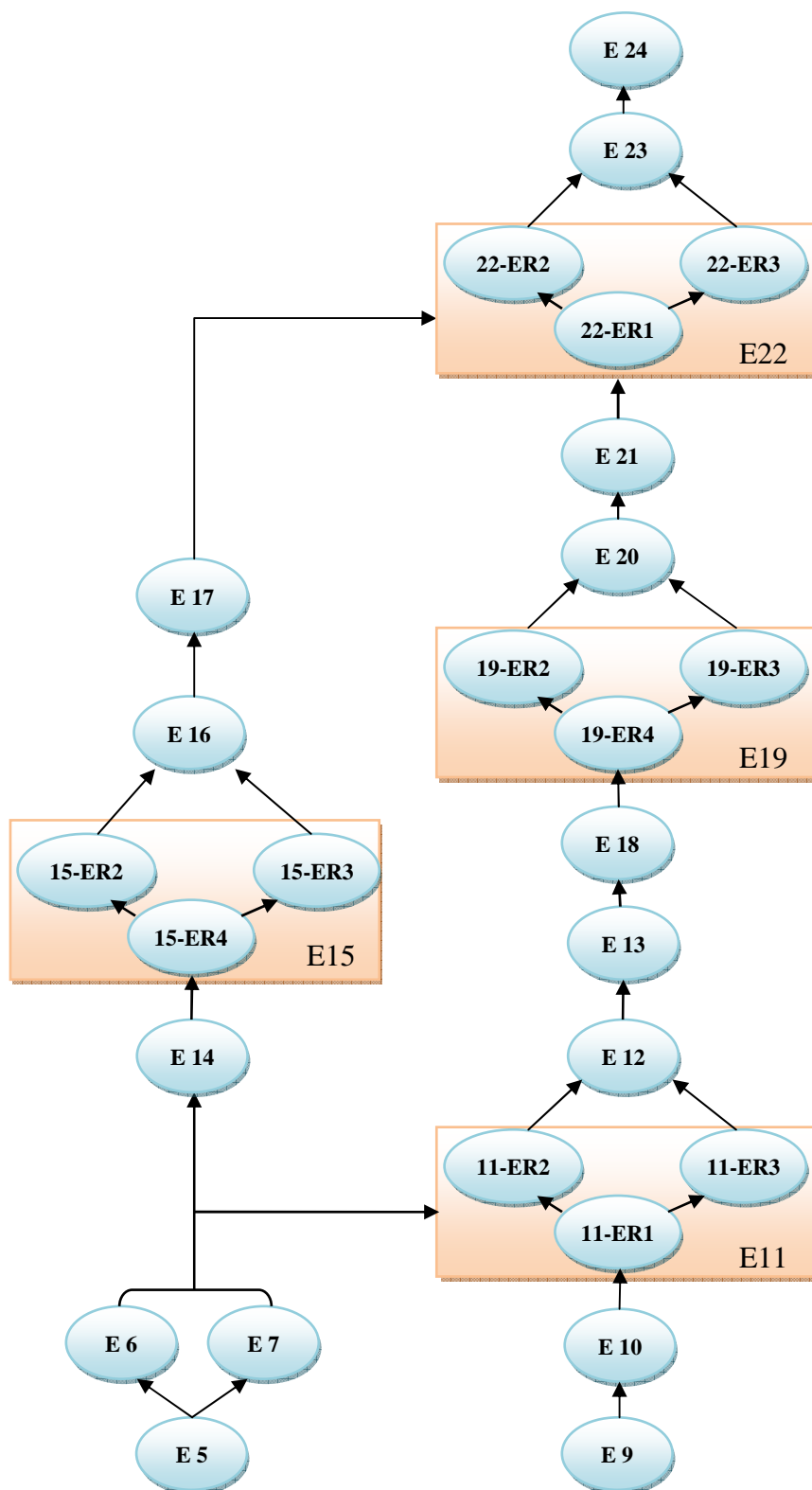


Slika 50. Kuglasta slavina DN 150 i mjerilo protoka plina mjerne linije MRS-a

8.5. Elementi rada montaže mjerne linije

Za potrebe određivanja vremena montaže mjerene linije, korištenjem sustava unaprijed određenih vremena MTM-2, elementi rada pozicioniranja cijevnih sklopova i opreme (E11, E15, E19 i E22) prikazani u grafu prethodnosti (Slika 43.) su dodatno raščlanjeni na elemente rada ER1, ER2, ER3 i ER4 (Slika 51.). Elementom rada ER1 prijenosi se i pozicionira oprema dok se elementom rada ER4 prijenosi i pozicionira sklop cijevnih elemenata.

Elementima rada ER2 i ER3 se raščlanio istodoban rad postavljana brtvi, vijaka i matica dvoje radnika tijekom pozicioniranja opreme. Elementi rada pozicioniranja i zavarivanja nosač horizontalnih cijevi se izvršavaju u predmontaži.



Slika 51. Graf prethodnosti montaže mjerne linije MRS-a

8.6. Određivanje vremena izvođenja montaže mjeren linije MTM-2 sustavom

Sustavi unaprijed određenih vremena su postupci koji se temelje na raščlani elemenata rada u osnovne pokrete, kojima se dodjeljuje unaprijed određeni standard vremena, određen prirodom pokreta i uvjetima izvođenja.

Određivanjem osnovnih pokreta i dodjeljivanjem odgovarajućih vremena, određuje se vrijeme potrebno za izvođenje elemenata rada.

Sustav MTM-2 se sastoji od devet kategorija gibanja i dva elementa dodatak za težinu predmeta:

- uzimanje,
- dodatak za težinu kod uzimanja,
- postavljanje,
- dodatak za težinu kod postavljanja,
- ponovno hvatanje,
- pritiskivanje,
- okretanje ručice,
- pokret očiju,
- pokret stopala,
- korak,
- saginjanje i uspravljanje,

Dvije ključne kategorije gibanja su uzimanje i postavljanje, to su ujedno i jedine varijabilne kategorije.

Prije raščlane elemenata rada na pokrete potrebno je definirati radno mjesto.

Na radnom mjestu montažu mjerne linije obavljaju četiri radnika. Radno mjesto se nalazi unutar kontejnera mjerno-redukcijske stanice te zauzima površinu od otprilike 6 m². Uz operacije spajanje opreme na radnom mjestu odvijaju se i operacije transporta ugradbenih elemenata kao što su ručni prijenos sklopova elemenata cijevi i transport slavina pomoću hidraulične dizalice.


Manji ugradbeni elementi, vijci i matice su smješteni u kutijama za odlaganje koje se nalaze na radnom mjestu unutar kontejnera blizu pozicija spajanja opreme. Brtve se nalaze u kutiji koja se može smjestiti unutar kontejnera. Veći ugradbeni elementi, slavine i sklopovi cijevnih elemenata su smješteni na paletama dalje od kontejnera.


Upotrebom MTM-2 sustava određeni su:


- osnovni pokreti za postupak ručnog transporta sklopa elemenata cijevi,
- osnovni pokreti spajanja vijka i matica,
- osnovni pokreti spajanja obujmice,
- osnovni pokreti zatezanja vijka,
- osnovni pokreti pripreme opreme za transport dizalicom,
- osnovni pokreti postavljanje brtve.


Standardno vrijeme rada dobiva se iz izraza (17) uvrštavanjem faktora dodatnog vremena (koeficijent zamora $k_n=0,4$ i koeficijent djelovanja okoline $k_a=1,2$ za normalne uvjete okoline):


$$t_1 = t_m(1 + k_n k_a). \quad (17)$$


| | | | | | | | |
|--|--|---|----------|--------|----------|------------------------------|----------|
|  FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb | | MTM-2 LIST ZA ANALIZU RADA | | | | Oznaka: ER2, ER3 | |
| Naziv | Pozicioniranje i spajanje vijka i matica | | | | | | |
| Početak | Pomak tijela | | | | | | |
| Sadržaj | Umetanje vijka kroz provrt prirubnice i spajanje matica na obje strane vijka | | | | | | |
| Završetak | matica zategnuta | | | | | | |
| Ograničenje | Vrijedi za jednu prirubnicu | | | | | | |
| Opis rada lijeve ruke | <i>f</i> | Simbol | TMU | Simbol | <i>f</i> | Opis rada desne ruke | |
| | | | 36 | 2S | | korak u stranu prema stolu | |
| | | | 32 | GC80 | | uzeti vijak | |
| | | | 36 | 2S | | vratiti se u početni položaj | |
| | | | 24 | PB45 | | umetnuti vijak kroz provrt | |
| | | | 36 | 2S | | korak u stranu | |
| | | | 32 | GC80 | | uzeti maticu | |
| | | | 36 | 2S | | vratiti se u početni položaj | |
| pridržati vijak | | GB15 | 36 | PC45 | | postaviti na navoj vijka | |
| | | | 6 | 2PA5 | | tražiti početak navoja | |
| | | | 140 | 20GB5 | | obuhvatiti maticu | |
| | | | 60 | 20PA5 | | uvrtati | |
| korak u stranu | | 2S | 36 | | | | |
| uzeti maticu | | GC80 | 32 | | | | |
| vratiti se u početni položaj | | 2S | 36 | | | | |
| postaviti na navoj vijka | | PC45 | 36 | GB15 | | pridržati vijak | |
| tražiti početak navoja | | 2PA5 | 6 | | | | |
| obuhvatiti | | 20GB5 | 140 | | | | |
| uvrtati | | 20PA5 | 60 | | | | |
| 820 | | | | | | | |
| Napomena: Izračunato standardno vrijeme za postavljanje osam vijaka i odgovarajućeg broja matica. | | | | | | | |
| Standardno vrijeme: <div style="text-align: center;">360 s</div> | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Izradio: | Datum: | | Odobrio: | | Datum: | | List: |
| F. Strsoglavec | 2011-05-16 | | | | | | 1 |
| | | | | | | | Listova: |
| | | | | | | | 1 |

| | | | | | | | | | |
|--|---|--|-----|----------|----------|--------------------------|---|------------|---------------|
| <div> FSB</div> <div>Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb</div> | | <div>MTM-2</div> <div>LIST ZA ANALIZU RADA</div> | | | | | <div>Oznaka:</div> <div>ER4, E5, E9</div> | | |
| Naziv | Pozicioniranje sklopa cijevnih elemenata | | | | | | | | |
| Početak | Pomak tijela | | | | | | | | |
| Sadržaj | Uzimanje i pozicioniranje sklopa cijevnih elemenata | | | | | | | | |
| Završetak | Postavljen sklop na nosač | | | | | | | | |
| Ograničenje | | | | | | | | | |
| Opis rada lijeve ruke | <i>f</i> | Simbol | TMU | Simbol | <i>f</i> | Opis rada desne ruke | | | |
| | | | 306 | 17S | | hodanje do sklopa | | | |
| | | | 31 | B/2 | | saginjanje | | | |
| uzimanje sklopa | | GB45 | 18 | GB45 | | uzimanje sklopa | | | |
| | | GW25 | 25 | GW25 | | | | | |
| | | | 31 | B/2 | | uspravljanje | | | |
| | | | 306 | 17S | | hodanje do radnog mjesta | | | |
| pozicioniranje sklopa | | PC80 | 41 | PC80 | | pozicioniranje sklopa | | | |
| | | PW25 | 5 | PW25 | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 727 | | | | | | | | | |
| Napomena: | | | | | | | | | |
| Standardno vrijeme: | | | | | | | | | |
| 40 s | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Izradio: F. Strsglavec | | Datum: 2011-05-16 | | Odobrio: | | Datum: | | List: 1 | Listova: 1 |

| | | | | | | | | |
|--|--|---|--------|----------|--------|----------|-----------------------------|----------|
|  FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb | | MTM-2 LIST ZA ANALIZU RADA | | | | | Oznaka: E6, E7, E10 | |
| Naziv | Sklapanje obujmice | | | | | | | |
| Početak | Pomak tijela | | | | | | | |
| Sadržaj | Pozicioniranje obujmice preko cijevi i spajanje maticom na nosače cijevi | | | | | | | |
| Završetak | uspravljanje nakon završetka spajanja | | | | | | | |
| Ograničenje | | | | | | | | |
| Opis rada lijeve ruke | | <i>f</i> | Simbol | TMU | Simbol | <i>f</i> | Opis rada desne ruke | |
| | | | | 72 | 4S | | hodanje | |
| | | | | 23 | GB80 | | uzimanje obujmice | |
| | | | | 72 | 4S | | hodanje do radnog mjesta | |
| | | | | 31 | B/2 | | saginjanje | |
| | | | PC45 | 36 | PC45 | | postaviti obujmicu | |
| uzeti maticu | | | 2GC80 | 64 | | | | |
| postaviti na navoj obujmice | | | 2PC80 | 82 | | | | |
| tražiti početak navoja | | | 4PA5 | 12 | | | | |
| obuhvatiti | | | 20GB5 | 140 | | | | |
| uvrtati | | | 20PA5 | 60 | | | | |
| pritegnuti maticu | | | 2A | 28 | | | | |
| | | | | 64 | 2GC80 | | uzeti maticu | |
| | | | | 82 | 2PC80 | | postaviti na navoj obujmice | |
| | | | | 12 | 4PA5 | | tražiti početak navoja | |
| | | | | 140 | 20GB5 | | obuhvatiti | |
| | | | | 60 | 20PA5 | | uvrtati | |
| | | | | 28 | 2A | | pritegnuti maticu | |
| | | | | 31 | B/2 | | uspravljanje | |
| | | | | | | | | |
| 1037 | | | | | | | | |
| Napomena: | | | | | | | | |
| Standardno vrijeme: | | | | | | | | |
| 56 s | | | | | | | | |
| Izradio: | | Datum: | | Odobrio: | | Datum: | | List: |
| F. Strsoglavec | | 2011-05-16 | | | | | | 1 |
| | | | | | | | | Listova: |
| | | | | | | | | 1 |

| | | | | | | | |
|--|---|---|-----|----------|----------|--|--|
|  FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb | | MTM-2 LIST ZA ANALIZU RADA | | | | Oznaka: E12, E13, E16, E17, E20, E21, E23, E24 | |
| Naziv | Zatezanje vijka | | | | | | |
| Početak | Pomak tijela | | | | | | |
| Sadržaj | Lagano zatezanje vijka ključem te prijelaz na sljedeći vijak. Niz se nastavlja dok nosu svi vijci zategnuti. Provjera centriranosti spoja. Kalibriranje momentnog ključa za sljedeći niz zatezanja. | | | | | | |
| Završetak | Vijak zategnut | | | | | | |
| Ograničenje | Vrijedi za jednu priрубnicu | | | | | | |
| Opis rada lijeve ruke | <i>f</i> | Simbol | TMU | Simbol | <i>f</i> | Opis rada desne ruke | |
| | | | 72 | 4S | | hodanje do radnog stola | |
| | | | 27 | GC45 | | uzimanje ključa | |
| | | | 72 | 4S | | hodanje do radnog mjesta | |
| | | | 328 | 8PC80 | | pozicionirati ključ na maticu | |
| | | | 560 | 40A | | lagano zatezanje | |
| | | | 126 | 7S | | pomak u stranu prema drugoj matici | |
| | | | 7 | E | | vizualni pregled centriranosti brtve i priрубnice | |
| | | | 72 | 4S | | hodanje do radnog stola | |
| | | | 35 | PC45 | | kalibriranje ključa | |
| | | | 7 | E | | vizualni pregled mjerila ključa | |
| | | | 72 | 4S | | povratak na radno mjesto | |
| 1378 | | | | | | | |
| Napomena: Izračunato standardno vrijeme za zatezanje osam vijaka jedne priрубnice sa pet prolaza po svakoj matici. | | | | | | | |
| Standardno vrijeme: <div style="text-align: center;">736 s</div> | | | | | | | |
| Izradio: | | Datum: | | Odobrio: | | Datum: | |
| F. Strsoglavec | | 2011-05-16 | | | | | |
| | | | | List: | | Listova: | |
| | | | | 1 | | 1 | |

| | | | | | | | |
|--|---|---|-----|----------|----------|--|----------|
|  FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb | | MTM-2 LIST ZA ANALIZU RADA | | | | Oznaka: ER1, E14, E18 | |
| Naziv | Priprema za transport dizalicom | | | | | | |
| Početak | | | | | | | |
| Sadržaj | Pozicioniranje remena ispod opreme i spajanje remena sa kukom kрана | | | | | | |
| Završetak | | | | | | | |
| Ograničenje | | | | | | | |
| Opis rada lijeve ruke | <i>f</i> | Simbol | TMU | Simbol | <i>f</i> | Opis rada desne ruke | |
| | | | 31 | B/2 | | saginjanje | |
| | | | 27 | GC45 | | uzimanje remena | |
| | | | 24 | PB45 | | pozicioniranje remena ispod opreme | |
| uzimanje kraja remena | | GC30 | 23 | | | | |
| provlačenje remena | | 3PA30 | 33 | | | | |
| postavljanje kraja remena na kuku kрана | | PC45 | 36 | | | | |
| | | | 27 | GC45 | | uzimanje drugog kraja remena | |
| | | | 33 | 3PA30 | | pozicioniranje remena | |
| | | | 36 | PC45 | | postavljanje remena na kuku kрана | |
| | | | 31 | B/2 | | uspravljanje | |
| | | | 54 | 3S | | hodanje do dizalice | |
| | | | 18 | GB45 | | uhvatiti ručku hidraulične pumpe dizalice | |
| | | | 56 | 4A | | pritiskivanje ručke za pozicioniranje kрана dizalice | |
| | | | 144 | 8S | | hodanje do pozicije rada | |
| 571 | | | | | | | |
| Napomena: Dobivenom vremenu se pridodaje vrijeme rada sa dizalicom u trajanju od 60 s. | | | | | | | |
| Standardno vrijeme: | | | | | | | |
| 119 s | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Izradio: | | Datum: | | Odobrio: | | Datum: | |
| F. Strsoglavec | | 2011-05-16 | | | | | |
| | | | | | | List: | Listova: |
| | | | | | | 1 | 1 |

| | | | | | | | | |
|--|--|---|----------|--------|----------|--------------------------------|---------------------|----------|
|  FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb | | MTM-2 LIST ZA ANALIZU RADA | | | | | Oznaka: ER2, ER3 | |
| Naziv | Postavljanje brtve | | | | | | | |
| Početak | Hodanje | | | | | | | |
| Sadržaj | Uzimanje i postavljanje brtve na lice prirubnice | | | | | | | |
| Završetak | Brtva postavljena | | | | | | | |
| Ograničenje | | | | | | | | |
| Opis rada lijeve ruke | <i>f</i> | Simbol | TMU | Simbol | <i>f</i> | Opis rada desne ruke | | |
| | | | 90 | 5S | | hodanje do kutije sa brtvama | | |
| | | | 31 | B/2 | | saginjanje | | |
| | | | 27 | GC45 | | uzimanje brtve | | |
| | | | 31 | B/2 | | uspravljanje | | |
| | | | 90 | 5S | | hodanje do radnog mjesta | | |
| | | | 18 | S | | korak u stranu kraj prirubnice | | |
| uhvatiti brtvu | | GB30 | 14 | | | | | |
| pozicioniranje brtve | | PC80 | 41 | PC80 | | pozicioniranje brtve | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| 252 | | | | | | | | |
| Napomena: | | | | | | | | |
| Standardno vrijeme: | | | | | | | | |
| 15 s | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Izradio: | Datum: | | Odobrio: | | Datum: | | List: | Listova: |
| F. Strsoglavec | 2011-05-16 | | | | | | 1 | 1 |

Pri analizi vremena montaže mjerne linije pretpostavlja se da su oprema i materijali dostupni i pripremljeni za montažu, svi alati kalibrirani te su izvedene sve aktivnosti pripreme za proces spajanja vijkom naveden u poglavlju 8.4. *Montaža mjerne linije u mjerno-redukcijskom dijelu MRS-a.*

Tablica 8. sadrži standardna vremena, dobivena analizom rada MTM-2 sustavom, dodijeljena elementima rada. Zbrojem trajanja svih elemenata rada dobiva se ukupno vrijeme montaže.

Tablica 8. Vremena trajanja elemenata rada po sustavu MTM-2

| Element rada | Vrijeme elementa rada, s | Učestalost | Ukupno vrijeme, minuta |
|----------------|--------------------------|------------|------------------------|
| ER1 | 119 | 2 | 3,97 |
| ER2 | 375 | 4 | 25 |
| ER3 | 375 | 4 | 25 |
| ER4 | 40 | 2 | 1,3 |
| E5 | 40 | 1 | 0,67 |
| E6 | 56 | 1 | 0,93 |
| E7 | 56 | 1 | 0,93 |
| E9 | 40 | 1 | 0,67 |
| E10 | 56 | 1 | 0,93 |
| E12 | 736 | 1 | 12,3 |
| E13 | 736 | 1 | 12,3 |
| E14 | 119 | 1 | 1,98 |
| E16 | 736 | 1 | 12,3 |
| E17 | 736 | 1 | 12,3 |
| E18 | 119 | 1 | 1,98 |
| E20 | 736 | 1 | 12,3 |
| E21 | 736 | 1 | 12,3 |
| E23 | 736 | 1 | 12,3 |
| E24 | 736 | 1 | 12,3 |
| Ukupno, minuta | | | 162 |

Mora se uzeti u obzir da stvarni pokreti radnika pri postupku montaže nisu analizirani te kako normativi vremena nisu zadani nije moguća usporedba vremena dobivena MTM-2 sustavom sa postojećim postupkom montaže.

U nastavku rada će se izraditi simulacija elemenata rada montaže mjerne linije te dobivena vremena usporedit s vremenima elemenata rada iz tablice 8.

8.7. Oblikovanje modela za simulaciju procesa montaže mjerne linije

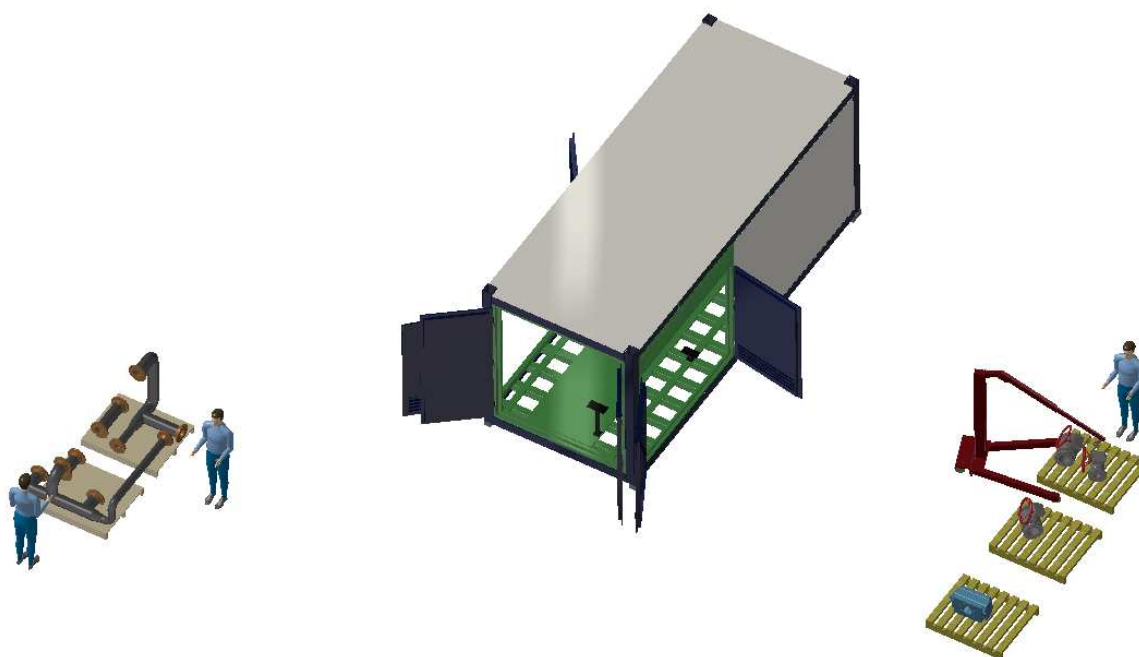
Za oblikovanje procesa montaže odabran je programski paket DELMIA V5 R16.

DELMIA je kompatibilna sa softverom CATIA-e te se svi 3D modeli proizvoda mogu upotrijebiti za oblikovanje i simulaciju procesa montaže. Za oblikovanje, simuliranje i analizu procesa montaže koristio se DELMIA modul *Human Task Simulation* za simuliranje gibanja radnika tijekom ručne montaže i *Assembly Process Simulation* za kombiniranje simulacija ručne montaže sa simulacijama sredstvima za montažu kao npr. dizalica.

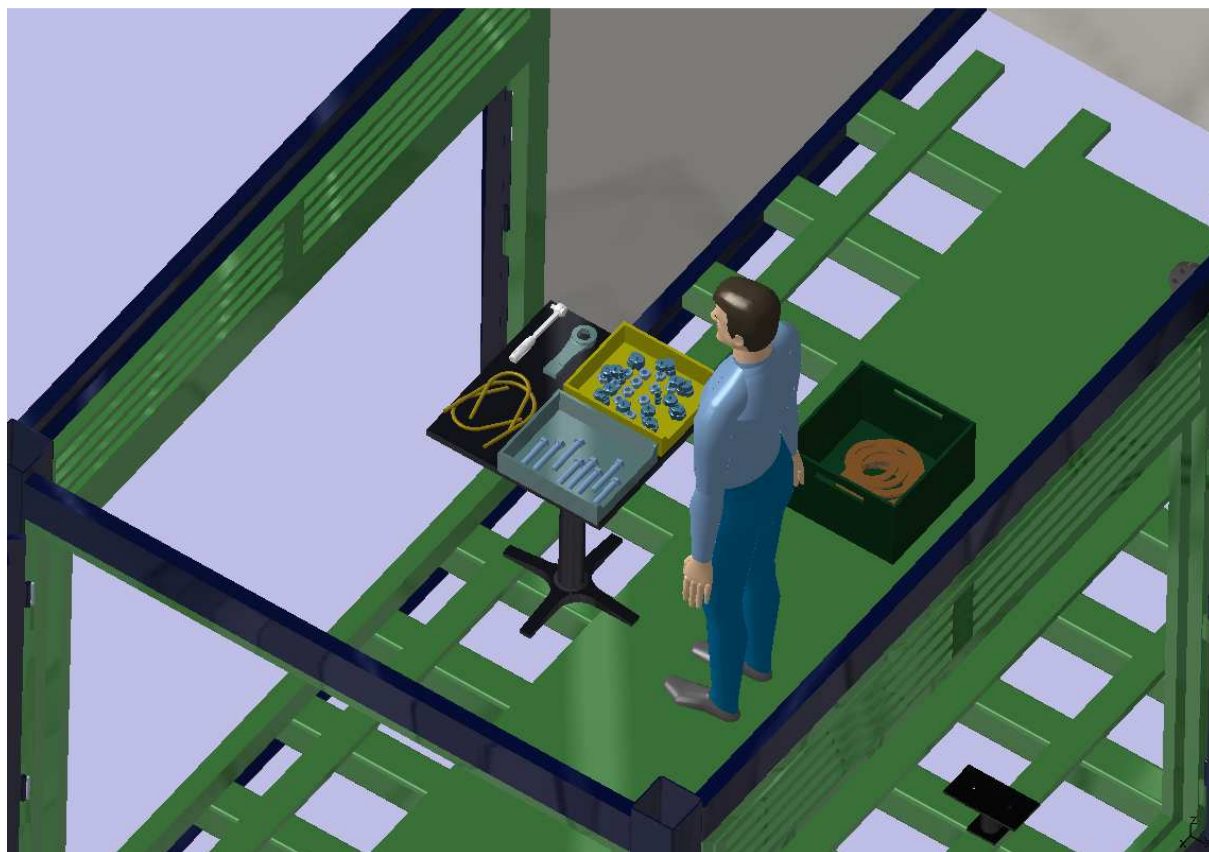
8.7.1. Oblikovanje radnog mjesta

Model prethodno oblikovanog kontejnera je postavljen u radni prostor (Slika 52.). Stol za smještaj sredstva za montažu, manjih ugradbenih elemenata je pozicioniran unutar kontejnera zajedno sa kutijom koja sadrži brtve (Slika 53.). Ostali ugradbeni elementi su postavljeni na paletama oko kontejnera, ne dalje od deset metara, te je uz njih pozicionirana hidraulična dizalica.

Modeli ljudi su uzeti iz baze podatak DELMIA-e te pozicionirani unutar radnog mjesta.



Slika 52. Radni prostor montaže



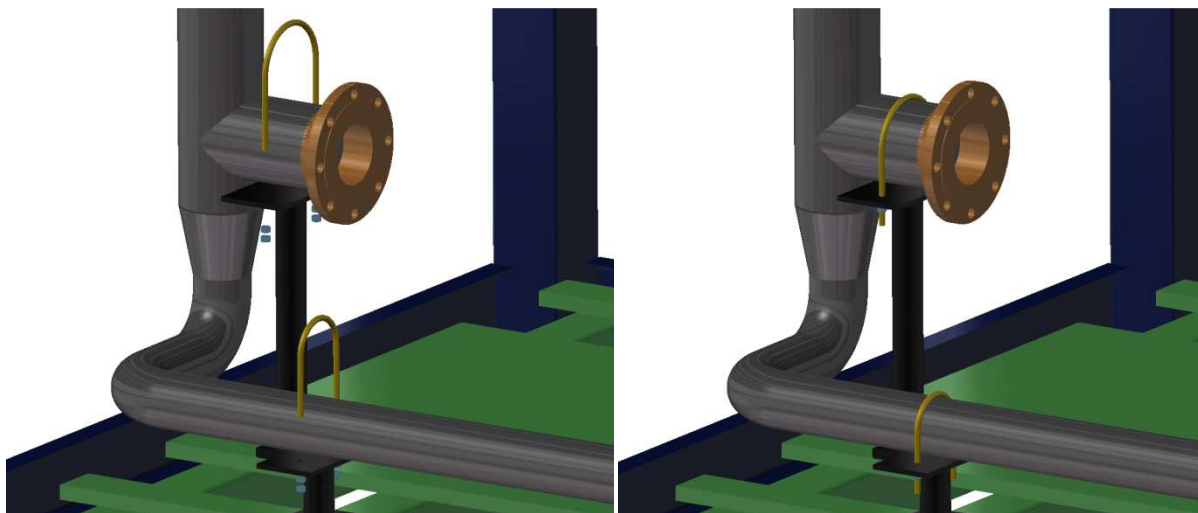
Slika 53. Radno mjesto montaže unutar kontejnera

8.7.2. Oblikovanje gibanja za simulaciju

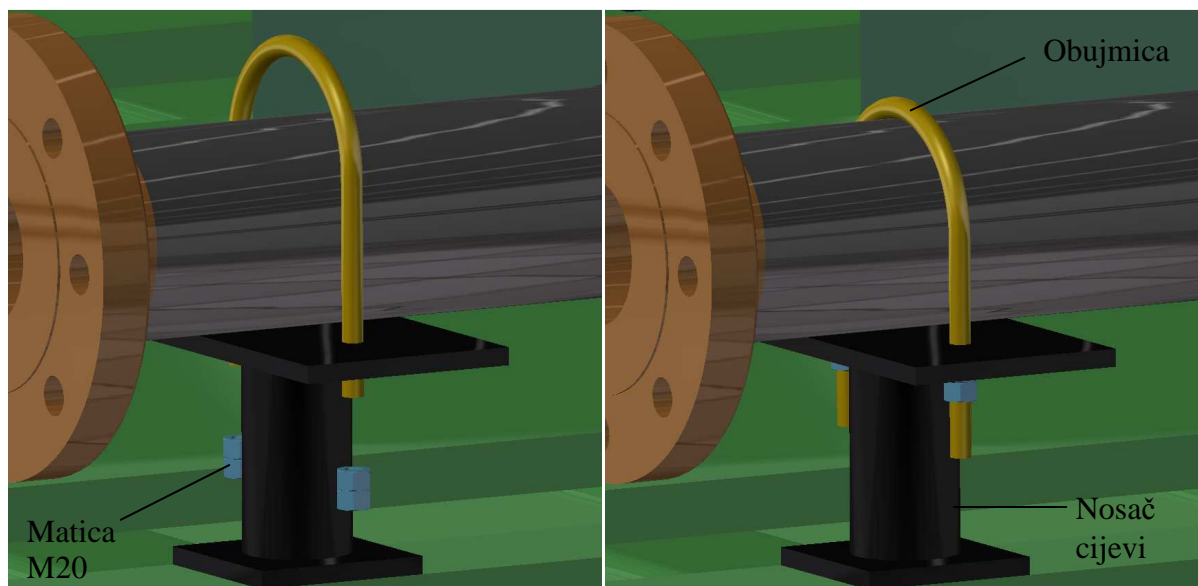
Kako bi se simulirao proces montaže potrebno je odrediti putanje ugradbenih elemenata i sredstva za montažu da odgovaraju očekivanom postupku montaže. Na početku ljudski model je samo u stanju stajati na definiranoj poziciji. Kako bi se vjerno simulirao proces potrebno je ljudske modele „naučit“ osnovnim pokretima koje obavljaju tijekom pojedinih operacija montaže.

Na slikama 54. do 61. su prikazani pojedini elementi rada iz graf prethodnosti montaže mjerne linije kojima se pozicionira i spaja oprema mjerene linije MRS-a. Spajanje opreme je prikazano s dvije slike, od kojih prva pokazuje stanje prije montaže ugradbenih elemenata, a druga montirane ugradbene elemente.

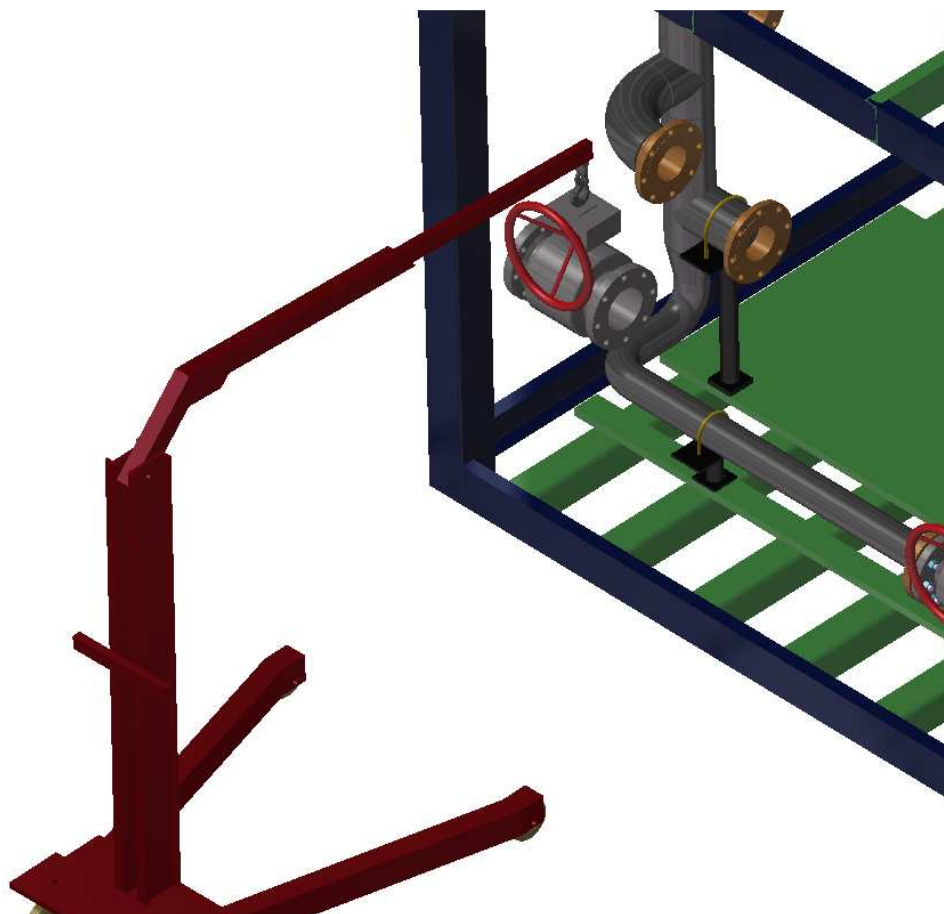
Nakon što je utvrđen redoslijed spajanja opreme moguće je umetnuti modele radnika u simulaciju i oblikovati pokrete radnika.



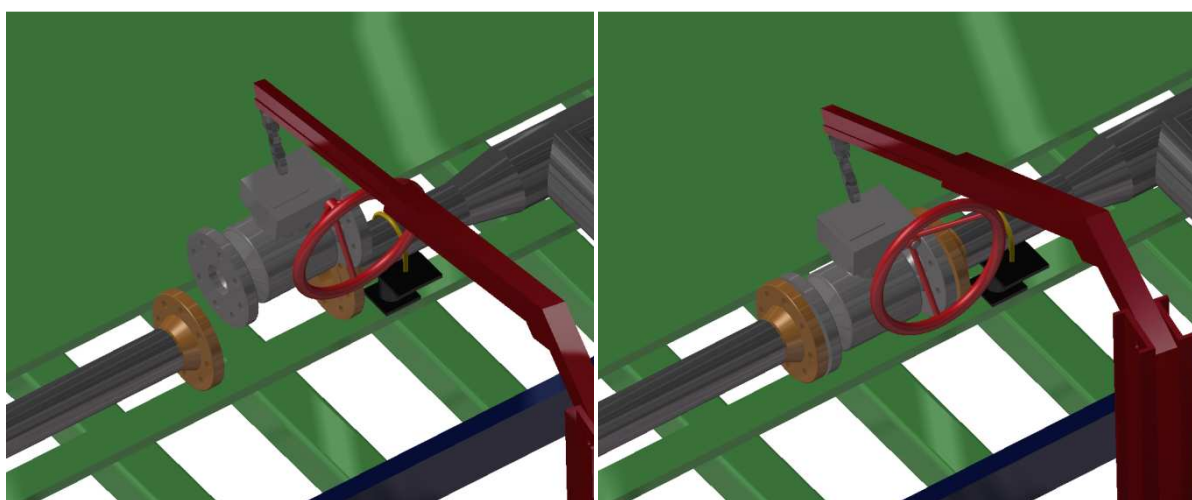
Slika 54. Element rada 6 i element rada 7 spajanja obujmica



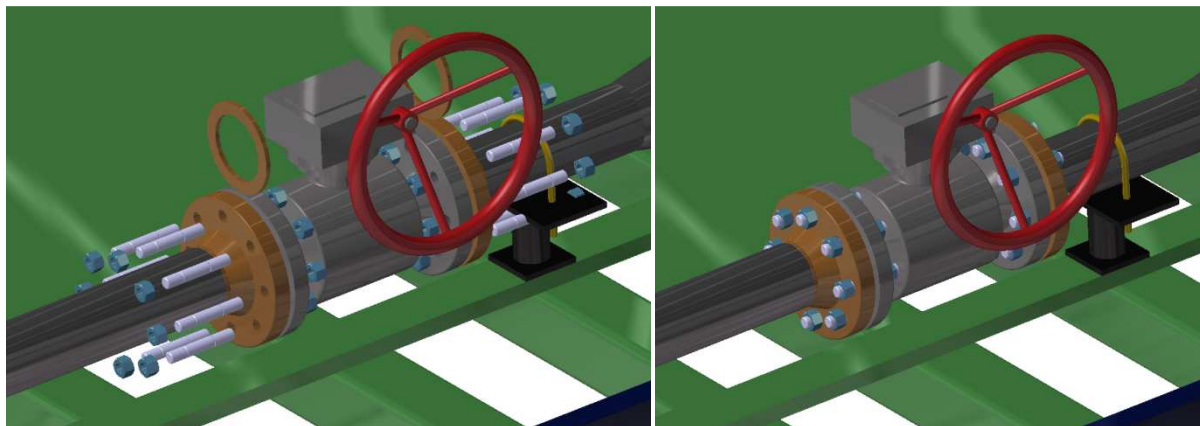
Slika 55. Element rada 10



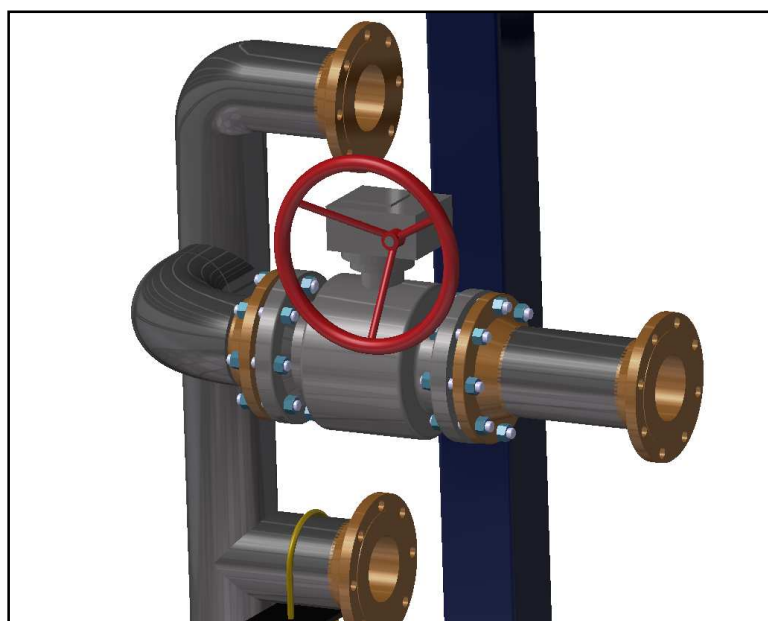
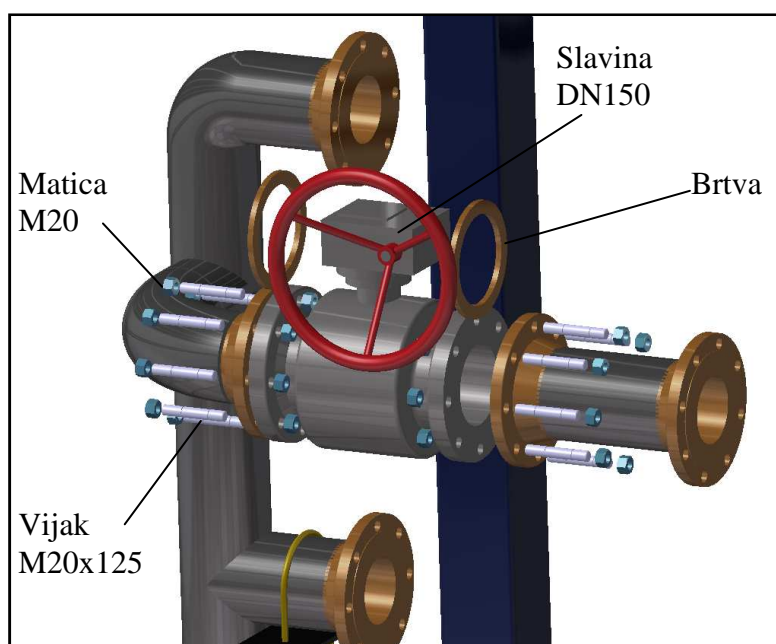
Slika 56. Transport slavine dizalicom



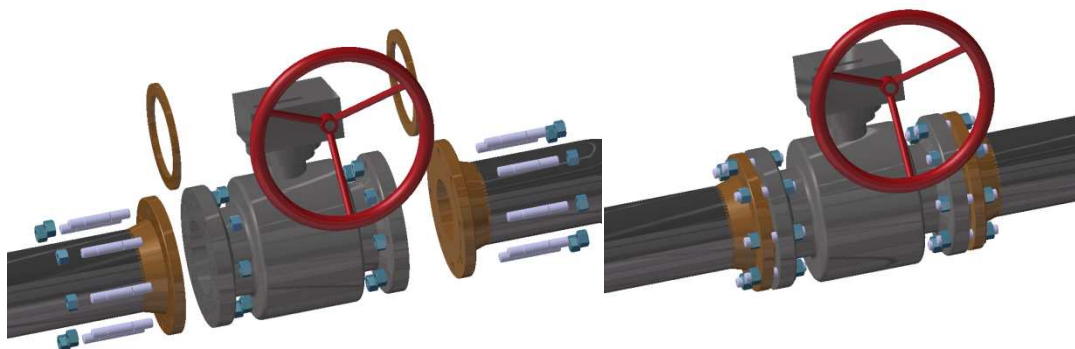
Slika 57. 11-ER1, pozicioniranje slavine dizalicom



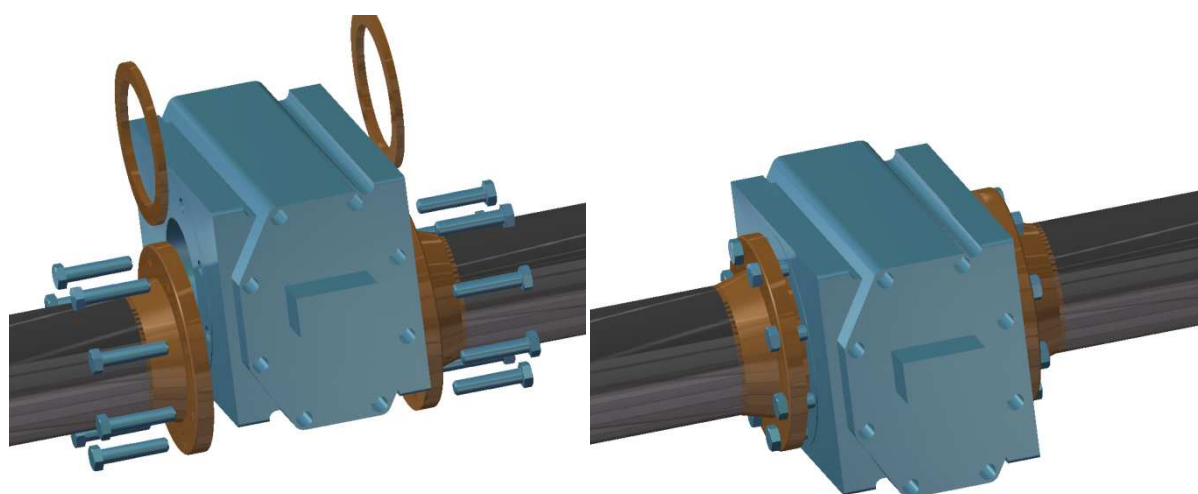
Slika 58. 11-ER2 i 11-ER3, spajanja slavine DN100



Slika 59. 15-ER2 i 15-ER3, spajanje slavine DN150



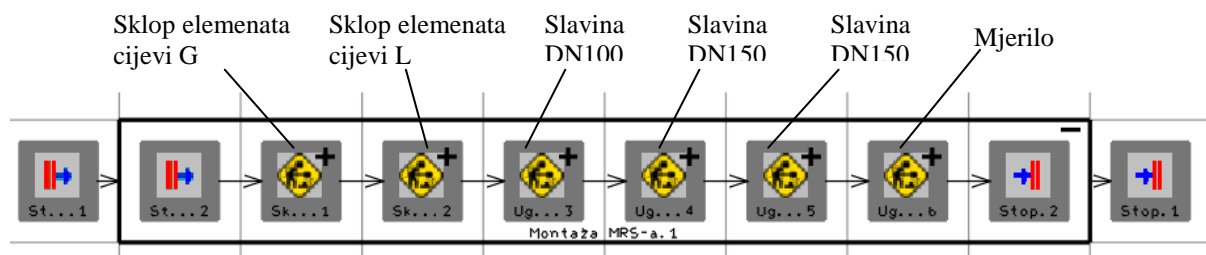
Slika 60. 19-ER2 i 19-ER3, spajanje slavine



Slika 61. 22-ER2 i 22-ER3, spajanje mjerila

8.8. Simulacija procesa montaže mjerne linije

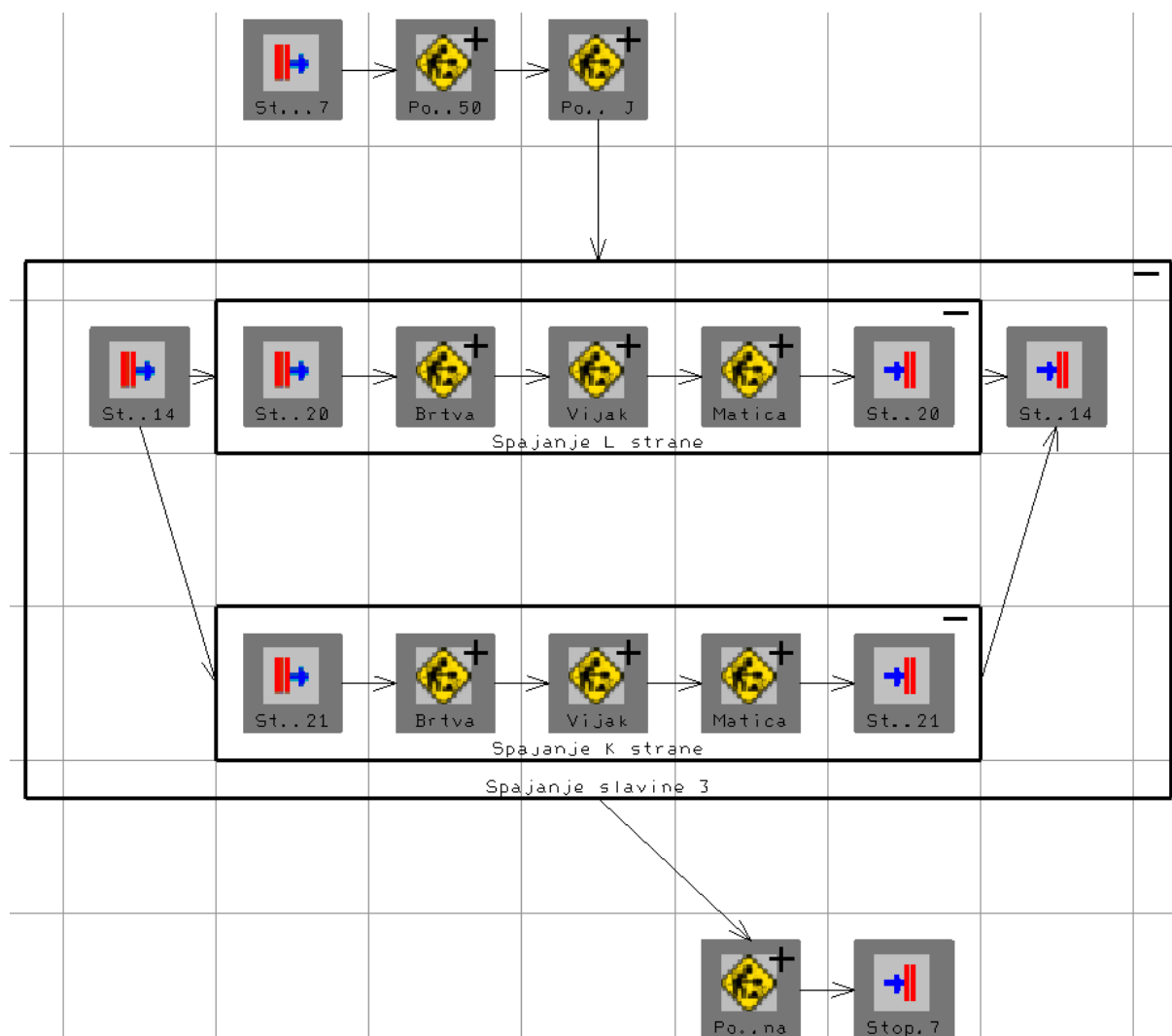
Tijekom izrade proces u DELMIA-i osnovni postupak montaže definiran planom montaže u poglavlju 8.3. ostaje jednak. Plan montaže u DELMIA-i je prikazan PERT dijagramom, Slika 62. Iz PERT dijagrama se vidi da je proces montaže podijeljen na šest elemenata rada pozicioniranja i spajanja opreme i cijevnih elemenata. Ti osnovni elementi se dalje dijele, Slika 63.



Slika 62. PERT dijagram montaže mjeren linije, prvi stupanj procesa

Podjela procesa je moguća sve do definiranja elementa rada ugradnje pojedinog ugradbenog elementa, npr. vijka i matice.

Slika 64. prikazuje proces spajanja slavine koji započinje pozicioniranjem slavine dizalicom i pozicioniranje cijevnog elementa. Zatim slijedi spajanje slavine, koja se sastoji od elementa rada postavljanje i spajanje brtve, vijaka i matica, te je podijeljeno na spajanje lijeve i desne prirubnice istodobno. Proces završava uklanjanjem dizalice.

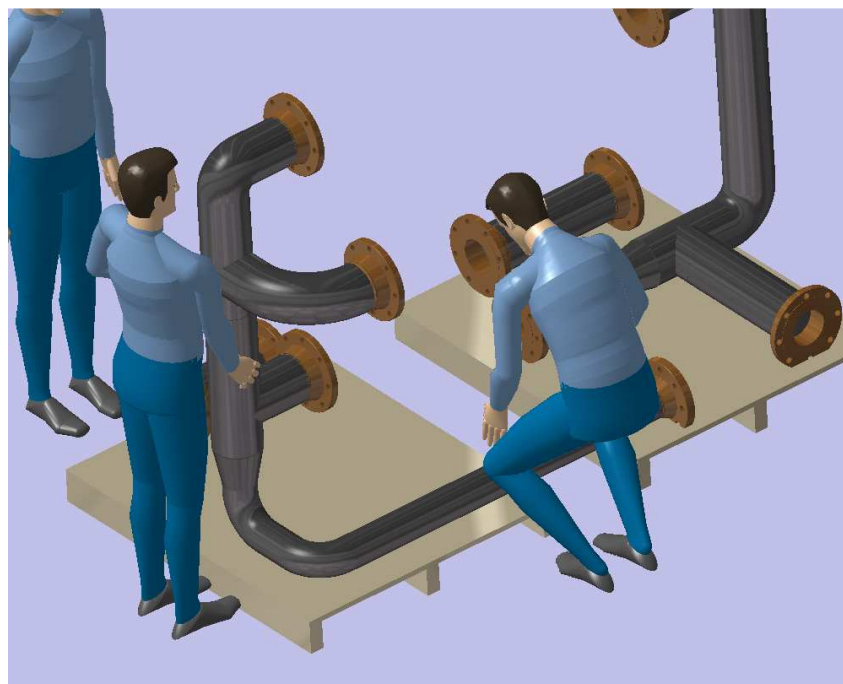


Slika 64. PERT dijagram montaže slavine mjerne linije, prikazan treći stupanj procesa spajanja

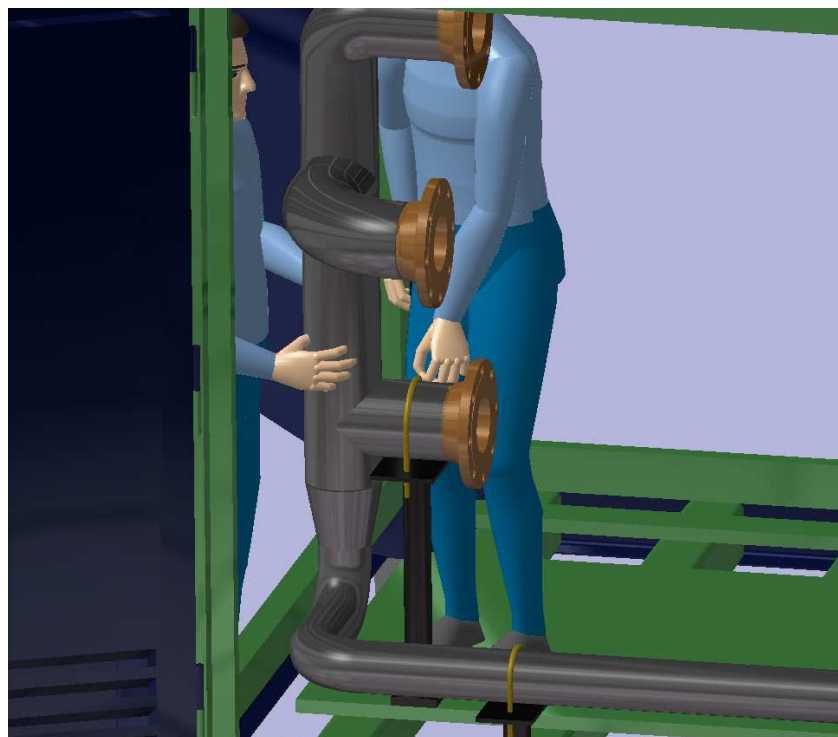
Definiranim elementima rada iz PERT dijagrama su dodani radnici i zatim simulirani pokreti rada. Svaka operacija je podijeljena na osnovne pokrete gibanja i za svako gibanje softver traži unos podataka od korisnika koje omogućuju ljudskom modelu za obavljanje traženih operacija. Poteškoće kod takvog pristupa modeliranja su velike količine informacija i podataka potrebnih za pravilno postavljanje ljudskih modela i raspored elemenata postrojenja.

Na sljedećim slikama su prikazani elementi rada radnika tijekom montaže mjerne linije.

Slika 65. prikazuje dva radnika kako se spremaju ručno prenijeti sklop cijevnih elemenata na poziciju montaže unutar kontejnera. Sljedeća operacija je postavljanja obujmice preko cijevnog elementa i spajanje sa horizontalnim nosačem cijevi, Slika 66.

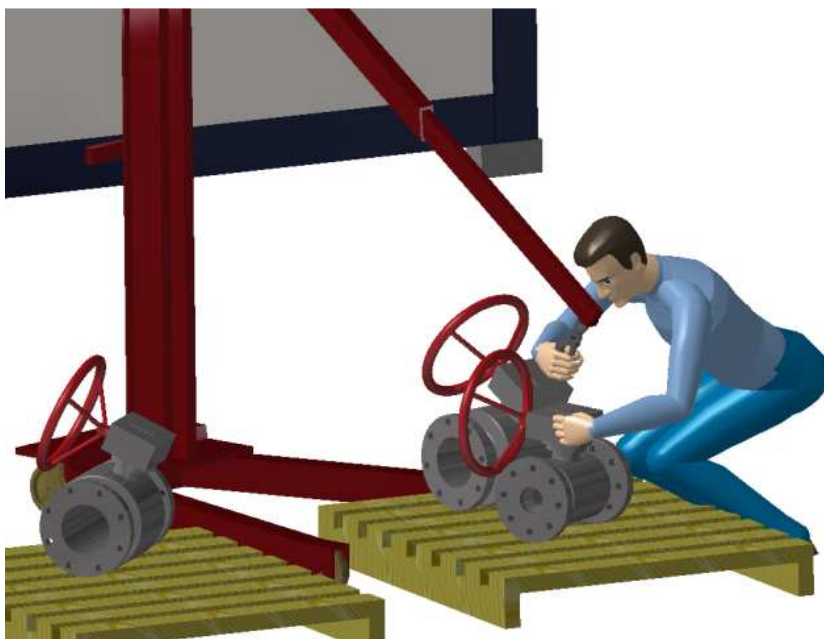


Slika 65. Podizanje sklopa cijevnih elementa

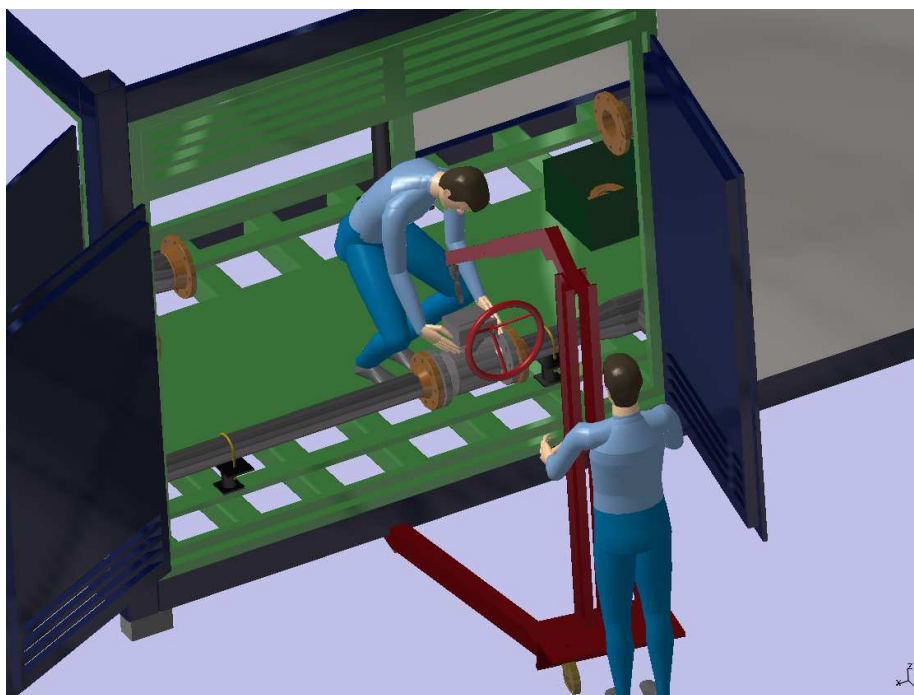


Slika 66. Postavljanje obujmice

Nakon što su postavljeni sklopovi cijevnih elemenata može se krenuti na ostavljanje slavine. Slika 67. prikazuje pripremu slavine za podizanje i transport hidrauličnom dizalicom. Slavina se prijenosi dizalicom i pozicionira između dviju prirubnica, Slika 68.

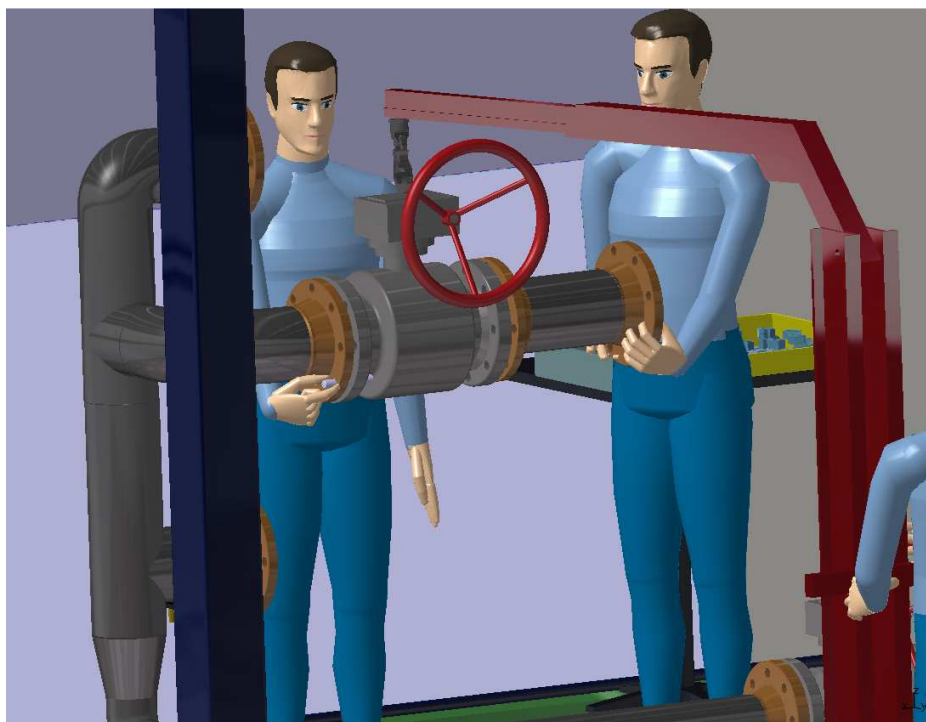


Slika 67. Priprema slavine za prijenos dizalicom

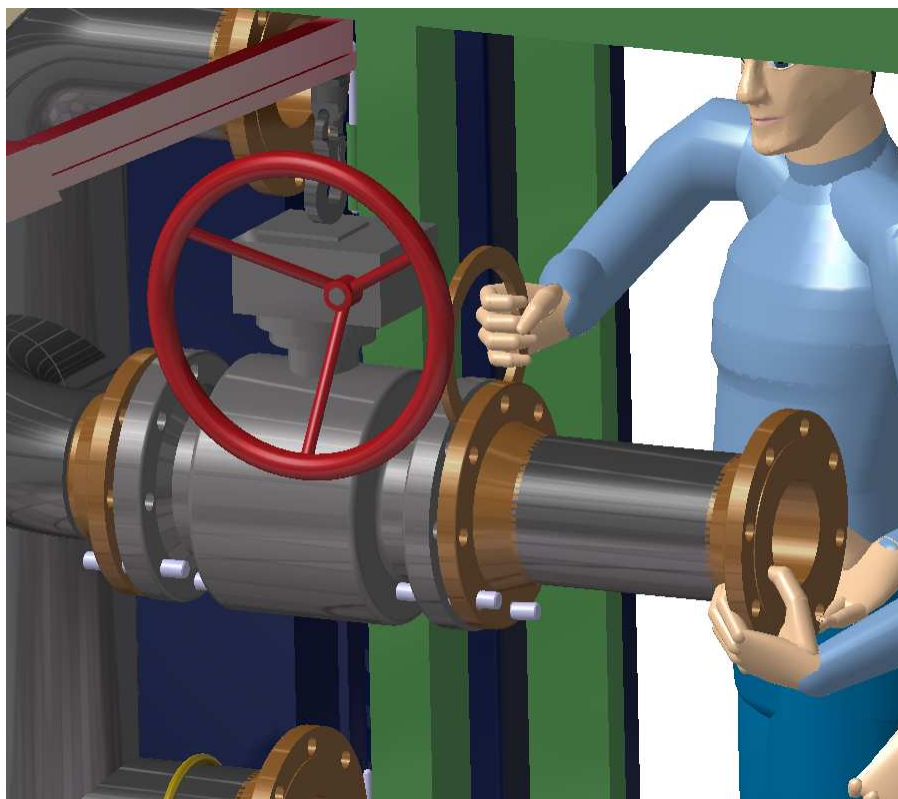


Slika 68. Pozicioniranje slavine dizalicom

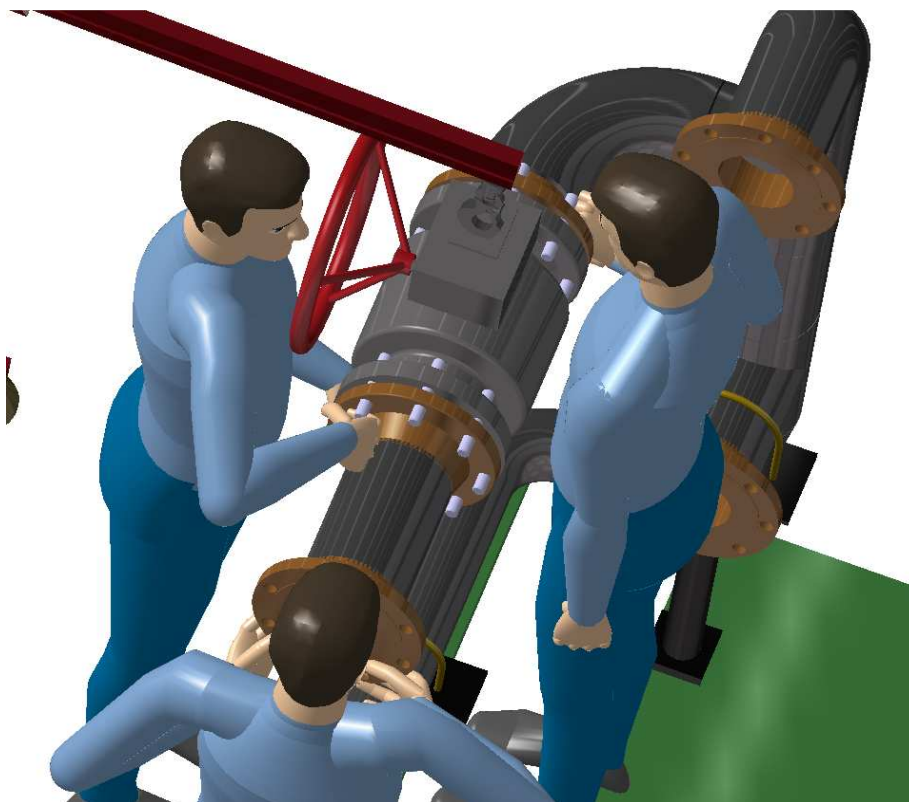
Slika 69. prikazuje postavljanje vijaka na donjoj polovici prirubnice prije umetanja brtve, Slika 70. Nakon umetanja brtva dvoje radnika postavljaju i spajaju ostale vijke i matice (slike 71. i 72.).



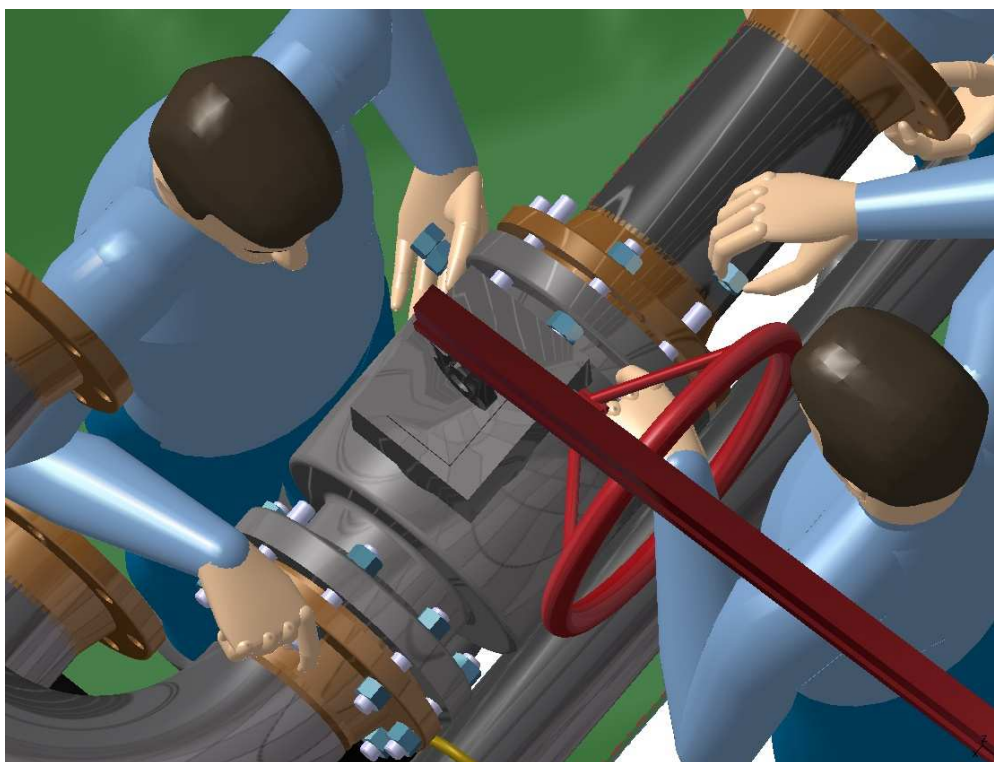
Slika 69. Umetanje vijaka



Slika 70. Umetanje brtve

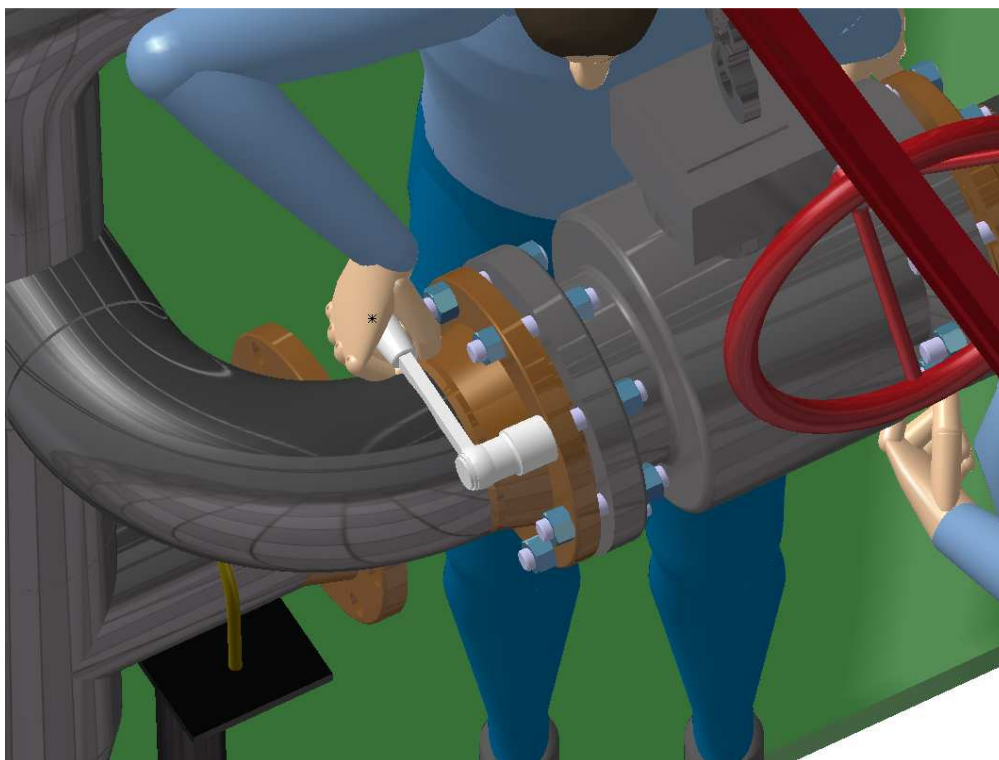


Slika 71. Postavljanje vijaka nakon umetanja brtve



Slika 72. Spajanje matica

Zatezanje vijaka je zadnja operacija spajanja slavine. Slika 73. prikazuje radnika tijekom zatezanje vijaka.



Slika 73. Zatezanje vijaka

8.9. Usporedba vremena dobivena simulacijom i sustavom MTM-2

Simulacijski model procesa montaže omogućuje uvid u gibanja modela ljudi i opreme u trodimenzionalnom virtualnom okruženju tijekom animacije. Simulacija se može koristiti za analizu operacija montaže i demontaže. Pomoću simulacije analiziraju se mogućnosti radnika da sastavi dio ili komponentu, koliko je „teško“ ili „lako“ sastaviti ili rastaviti neki sklop te procijeniti koliko dugo traje radnja, koliko je ergonomski primjeren, ima li dovoljno mjesta za alat i slično.

Poze cijelog tijela i lokaliziranih segmenta mogu biti ispitani te se može odrediti udobnost, sigurnost, snaga i performanse radnika kada je u interakciji s predmetom rada. Statička snaga se može analizirati te je moguća analiza zglobova i potpuno artikulirani modela zdjelice, vrata, kralježnice, ramena i ruke. Izbjegavanjem visoke cijene fizičkih prototipa postaje moguće pouzdano predvidjeti interakciju ljudi i strojeva u stvarnom svijetu [15].

Iz simulacije su očitana vremena elemenata rada, t_m , te su u sljedećoj tablici uspoređena vremena dobivena simulacijom sa vremenima rada dobivenima primjenom MTM-2 sustava.

Iz tablice 9. se mogu vidjeti mala odstupanja vremena montaže dobivena simulacijom i vremena MTM-2 sustava. Najuočljivija vremenska razlika je u trajanju rada zatezanja vijka gdje vrijeme dobiveno MTM-2 sustavom traje 1,6 minuta dulje od vremena simulacije. Razlika u kraćem trajanju pokreta radnika iz simulacije se može objasniti što radnik u simulacije izvodi pokrete sa maksimalnom mogućom brzinom i akceleracijom pokreta bez obzira na veličinu i težinu predmeta s kojim je u interakciji. Pozornost na detalje tijekom definiranja pokreta u simulaciji ovisi o korisniku te će između svake definirane pozicije tijela, ruke, zglobova modela sam model radnika u najkraćem mogućem putu zauzimati zadane pozicije te time ispravnost pokreta ovisi o količini unesenih podataka korisnika i može značajno utjecati na rezultat simulacije.

Tablica 9. Usporedba vremena elemenata rada dobivenih simulacijom i sustavom MTM-2

| Element rada | SIMULACIJA | | | MTM-2 | |
|----------------|-----------------|------------|----------------|----------------|----------------|
| | t_m , sekunda | Učestalost | t_m , minuta | t_m , minuta | t_1 , minuta |
| ER1 | 118 | 2 | 3,93 | 2,69 | 3,97 |
| ER2 | 242 | 4 | 16,13 | 16,35 | 25 |
| ER3 | 242 | 4 | 16,13 | 16,35 | 25 |
| ER4 | 20 | 2 | 0,67 | 0,87 | 1,3 |
| E5 | 21 | 1 | 0,35 | 0,44 | 0,67 |
| E6 | 33 | 1 | 0,55 | 0,62 | 0,93 |
| E7 | 30 | 1 | 0,5 | 0,62 | 0,93 |
| E9 | 26 | 1 | 0,43 | 0,44 | 0,67 |
| E10 | 30 | 1 | 0,5 | 0,62 | 0,93 |
| E12 | 400 | 1 | 6,67 | 8,27 | 12,3 |
| E13 | 400 | 1 | 6,67 | 8,27 | 12,3 |
| E14 | 125 | 1 | 2,08 | 1,34 | 1,98 |
| E16 | 400 | 1 | 6,67 | 8,27 | 12,3 |
| E17 | 400 | 1 | 6,67 | 8,27 | 12,3 |
| E18 | 165 | 1 | 2,75 | 1,34 | 1,98 |
| E20 | 400 | 1 | 6,67 | 8,27 | 12,3 |
| E21 | 400 | 1 | 6,67 | 8,27 | 12,3 |
| E23 | 400 | 1 | 6,67 | 8,27 | 12,3 |
| E24 | 400 | 1 | 6,67 | 8,27 | 12,3 |
| Ukupno, minuta | | | 97,38 | 107,84 | 162 |

Može se primijetiti da jedino vremena elemenata rada transporta opreme dizalicom traju dulje u simulaciji nego MTM-2 sustavom. Model hidraulične dizalice je umetnut u simulaciju te se transport opreme dizalicom mogao detaljnije oblikovati dok je primjenom MTM-2 sustava vrijeme elemenata rada sa dizalicom djelomično procijenjen te zbog toga dolazi do odstupanja. Za izradu vjerodostojnije simulacije rada trebalo bi prikupiti podatke o tehnološkim vremenima rada sklopivom hidrauličnom dizalicom.

U zadnjem stupcu tablice 9. je prikazano jedinično vrijeme montaže, to je vrijeme elemenata rada MTM-2 sustava uvećano za 48% uvrštavanjem faktora dodatnog vremena prema izrazu (17). Uzimajući u obzir faktore dodatnog vremena odstupanje ukupnog vremena montaže dobiveno simulacijom i primjenom MTM-2 sustavom je znatno veće i iznosi 1,7 puta. Odstupanje se pojavljuje zato što je u DELMIA-i simuliran rad pod idealnim uvjetima u kojima nema zastoja te nije uzet u obzir umor radnika.

Primjenom MTM-2 sustava za određivanje ispravnosti modela simulacije odstupanja u vremenima bi se mogla smanjiti. Dobio bi se vjerodostojniji model za studiju rada i ergonomije.

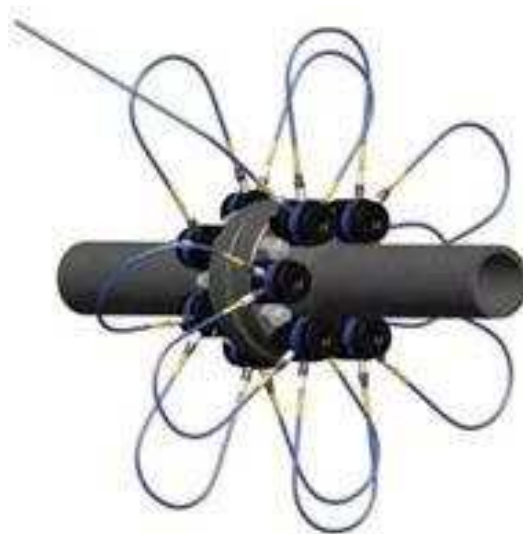
Iz tablice 9. je vidljivo da najduže traju elementi rada zatezanja vijaka te bi se smanjenjem vremena zatezanja vijaka najviše utjecalo na smanjenje ukupnog vremena montaže mjerne linije. U poglavlju 8.4. je opisana tehnika postupka zatezanja vijaka te bi se s ciljem smanjenja vremena zatezanja trebala primijeniti druga tehnika zatezanja vijaka. Tehnika istovremenog zatezanja pomoću hidrauličkog zatezala sadrži više prednosti, od kojih je jedna smanjenje vremena rada [14].

➤ *Tehnika istovremenog zatezanje pomoću hidrauličkog zatezala*

Istovremeno zatezanje (Slika 74.) je u stvari zatezanje nekoliko ili svih vijaka u nekom sklopu u isto vrijeme. Ovaj postupak zatezanja nosi sa sobom važne i ključne prednosti:

- velika homogenost prilikom zatezanja svih vijaka u sklopu,
- jednostavan postupak,
- kratko vrijeme samog postupka.

Zatezanje vijaka hidrauličkim zatezalom (Slika 74.) je najprikladnija metoda za provedbu istovremenog zatezanja. Jedan kraj vijka mora biti duži tako da se proteže izvan matice. Na vijak se primjenjuje hladno istezanje pomoću prstenastog hidrauličkog cilindra postavljenog na njega. Vijak se nalazi samo pod opterećenjem osovinskog stezanja/rastezanja. Matica koja nije pod nikakvim naprezanjem se tada sa vrlo malo napora pritegne, čime se ne prenosi nikakav zakretni moment na vijak. Kada se u zatezalu otpusti pritisak tekućine, glavni dio hidrauličkog opterećenja u zatezalu se prenosi na maticu, čime je završeno zatezanje [14].



Slika 74. Primjer istovremenog zatezanja vijaka prirubnice

Za optimalnu preciznost, preporuča se dvostruko stezanje/rastezanje vijka i zavrtnanje matice. Iz čega proizlazi, postupkom prvog zakretanja kompenzira se prazan prostor, te izravna bilo kakva nepravilnost površine i uravnotežuje opterećenje; dok se postupkom drugog zatezanja primarno postiže željena točnost preostalog opterećenja na vijku.

Ovu metodu je lako provesti, ona ne zahtjeva nikakav fizički napor, čak ni za velike vijke. Svi oblici ozljeda na radu su znatno smanjeni.

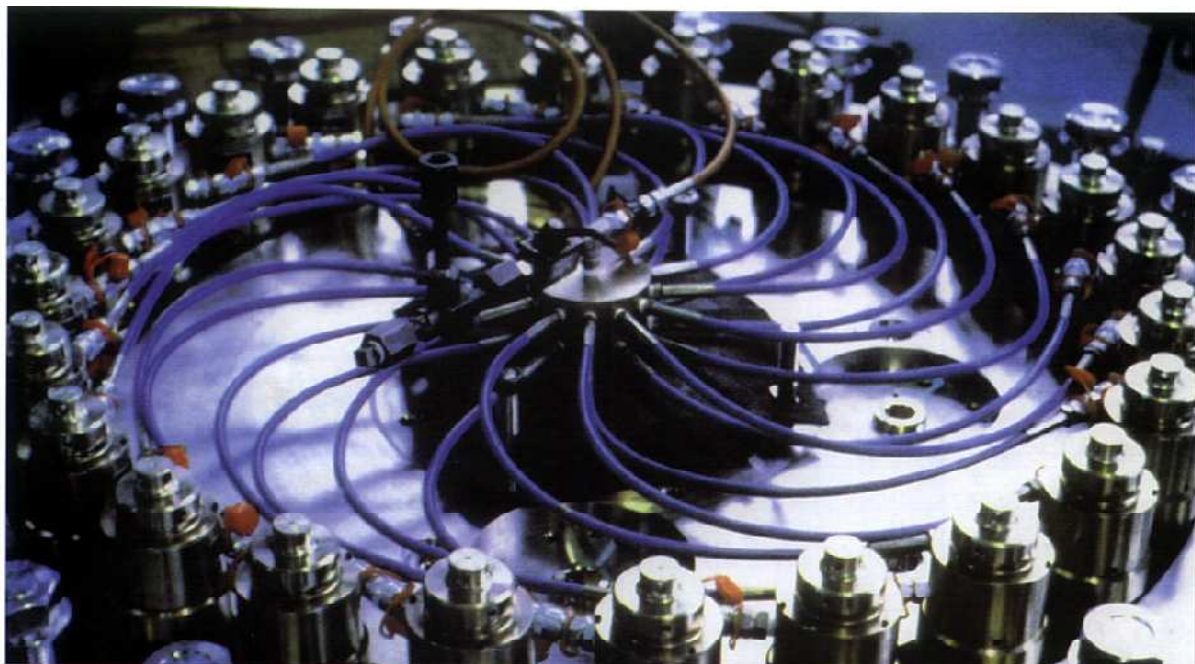
Sam postupak zatezanja i otpuštanja moguće je automatizirati, čime se postiže:

- optimizacija istovremenih postupaka,
- veća preciznost zatezanja,
- podjednak raspodjela sila zatezanja,
- smanjenje vremena zatezanja,
- lakši pristup nedostupni dijelovima, što podiže kvalitetu uvjeta rada,
- daljinsko upravljanje.

Mogućnost daljinskog upravljanja, daje tehničaru kontrolu nad svim fazama zatezanja i otpuštanja iz sigurnog prostora. To znatno smanjuje izloženost lošim i opasnim uvjetima rada kao što su: zračenje, štetni materijali, visoke temperature, buka, te opasnost od kvara na dijelovima sklopa. Slika 76. prikazuje istovremeno zatezanje zasebnim zatezalima spojenim na jedan izvor ulja [14].



Slika 75. SKF HYDROCAM hidraulično zatezalo vijaka



Slika 76. Istovremeno zatezanje zasebnim zatezalima spojenim na jedan izvor ulja

9. ZAKLJUČAK

U radu je opisan objekt plinovodnog sustava, mjerno-redukcijska stanica. Transportni sustav plinovoda Republike Hrvatske sadrži 132 izlazne primopredajno-mjerne ili mjerno-redukcijske stanice. Razvojem plinovodnog sustava, nameće se potreba izgradnje tipske mjerno-redukcijske stanice koja će zadovoljiti trenutne i buduće zahtjeve modernog transportnog sustava plinovoda.

Mjerno-redukcijska stanica opisana u ovome radu jest projektirana za ugradnju u plinovodni sustav Like i Dalmacije. Prema planu razvoja plinovodnog sustava, potrebno je 14 MRS-a za dio plinovodnog sustava Like i Dalmacije te je prema glavom projektu, također opisanom u ovome radu, izvođača radova Macel plin d.o.o. izradio i montirao četiri mjerno-redukcijske stanice.

Projektiranje stanice zahtjeva suradnju inženjera iz područja strojarstva, građevinarstva i elektrotehnike te je time i kod montaže stanice potrebna suradnja i koordinacija timova radnika zaduženih za strojarske, građevinske i elektrotehničke radove.

Glavnim projektom nije izrađen plan montaže te je proces montaže prepušten iskustvu izvođača montažnih radova. Svi rokovi izvedbe dani su terminskim planom isporuke MRS-a te je prema terminskom planu vođena koordinacija svih montažnih radova.

U ovome radu je izrađena strukturna sastavnica, plan montaže i graf prethodnosti za montažu strojarske opreme stanice. Smatra se da bi se izradom plana montaže tijekom procesa projektiranja stanice postigla efikasnija montaža. Definiranjem elementa rada, što i u kojem redoslijedu treba sklapati, omogućila bi se jednostavnija i efikasnija koordinacija montažnih radova. Planom montaže moguće je određivanje vremena izvođenja montaže, ovisno o zahtijevanoj točnosti i projektnom zadatku, u fazi planiranja procesa.

U nastavku rada je odabran dio procesa montaže mjerno-redukcijskog dijela stanice, postupak montaža mjerne linije, za detaljniji opis elemenata rada.

Opisan je proces montaže mjerne linije. Sustavom unaprijed određenih vremena *Methods-Time Measurement* (MTM) određeno je vrijeme izvođenja montaže mjerne linije MRS-a. Pri analizi vremena montaže mjerne linije pretpostavlja se da su oprema i materijali dostupni i pripremljeni za montažu, svi alati kalibrirani te su izvedene sve aktivnosti pripreme za proces spajanja vijkom. Ukupno vrijeme montaže dobiveno primjenom MTM-2 sustava iznosi 108 minuta.

Oblikovanje montažnih sustava (ručnih ili automatskih) danas se može načiniti uz mnogo veću potporu računala i softvera. Tehnički crteži projekta izrađuju se u AutoCAD-u (crtanje u 2D), softverski alat tvrtke Autodesk za projektiranje potpomognuto računalom.

U radu je ispitana mogućnost oblikovanja proizvoda i procesa montaže u programskom paketu CATIA i DELMIA. Oblikovanja proizvoda u CATIA-i je olakšano korištenjem baza podataka programa koja sadrži cijevi i cijevne elemente standardnih dimenzija. Uz korištenje postojeće baze podataka moguće je i stvaranje vlastitih baza podataka ili korištenje baze podatka proizvođača opreme te bi uz takvu suradnju bilo moguće iskoristiti sve prednosti brze i jednostavne izrade proizvoda pomoću CAD programa.

Programom DELMIA oblikovani su proces i sustav montaže. Upotrebom programa moguće je analizirati sam proces sastavljanja proizvoda. Za oblikovanje radnika, a zatim i za simuliranje procesa montaže korištena je DELMIA i njezini moduli *Human Task Simulation* za simuliranje ručne montaže i *Assembly Process Simulation* za kombiniranje simulacija

ručne montaže sa simulacijama sredstava za montažu, npr. dizalica. Simulacijom procesa montaže određena su vremena potrebna za ugradnju pojedinih ugradbenih elemenata. Ukupno vrijeme montaže dobiveno simulacijom iznosi 97,38 minuta.

Vremena montaže dobivena primjenom MTM-2 sustava i simulacije su uspoređena. Uočena su relativno mala odstupanja vremena. Najuočljivija odstupanje je u trajanju rada zatezanja vijka gdje vrijeme dobiveno MTM-2 sustavom traje 1,6 minuta dulje od vremena simulacije.

U namjeri procjene stvarnog vremena izvođenja montaže, vremena dobivena MTM-2 sustavom pomnožena su faktorom dodatnog vremena kojim se obuhvaća utjecaj okoline i umor radnika te je time dobiveno ukupno vrijeme montaže u trajanju od 162 minute.

S obzirom na male proizvodne količine umjesto MTM-2 sustava za analizu se mogao i koristiti MTM-MEK sustav dizajniran da zadovolji karakteristike pojedinačne ili vrlo male serijske proizvodnje.

Dakle, na osnovi analize postojećeg postupka projektiranja uočene su mogućnosti za uspostavu znatno efikasnijeg postupka projektiranja. Novi postupak projektiranja obuhvatio bi integrirano izvođenje svih potrebnih radnji (od projektiranja, razrade i proračuna konstrukcije, projektiranja strujnih instalacija, odabira i izrade potrebnih ugradbenih elemenata te same montaže) jednim CAD/CAM/CAE programskim paketom, kojim bi se i simulirao proces sklapanja (plan montaže, potrebna tehnička dokumentacija za montažu) mjerno-redukcijske stanica.

Korištenjem adekvatnog programskog paketa koji bi povezao procese projektiranja, proračuna i izrade ugradbenih elemenata, nabave standardnih ugradbenih elemenata s razradom i vizualizacijom procesa sklapanja postigla bi se veća efikasnost u projektiranju i montaži. Uz pomoć softverskog paketa DELMIA i poznavanja sustavi unaprijed određenih vremena mogla bi se napraviti vizualizacija čovjekovih kretnji prilikom montaže te time dobiti još bolji uvid u izvedivost i efikasnost projektiranog sklapanja.

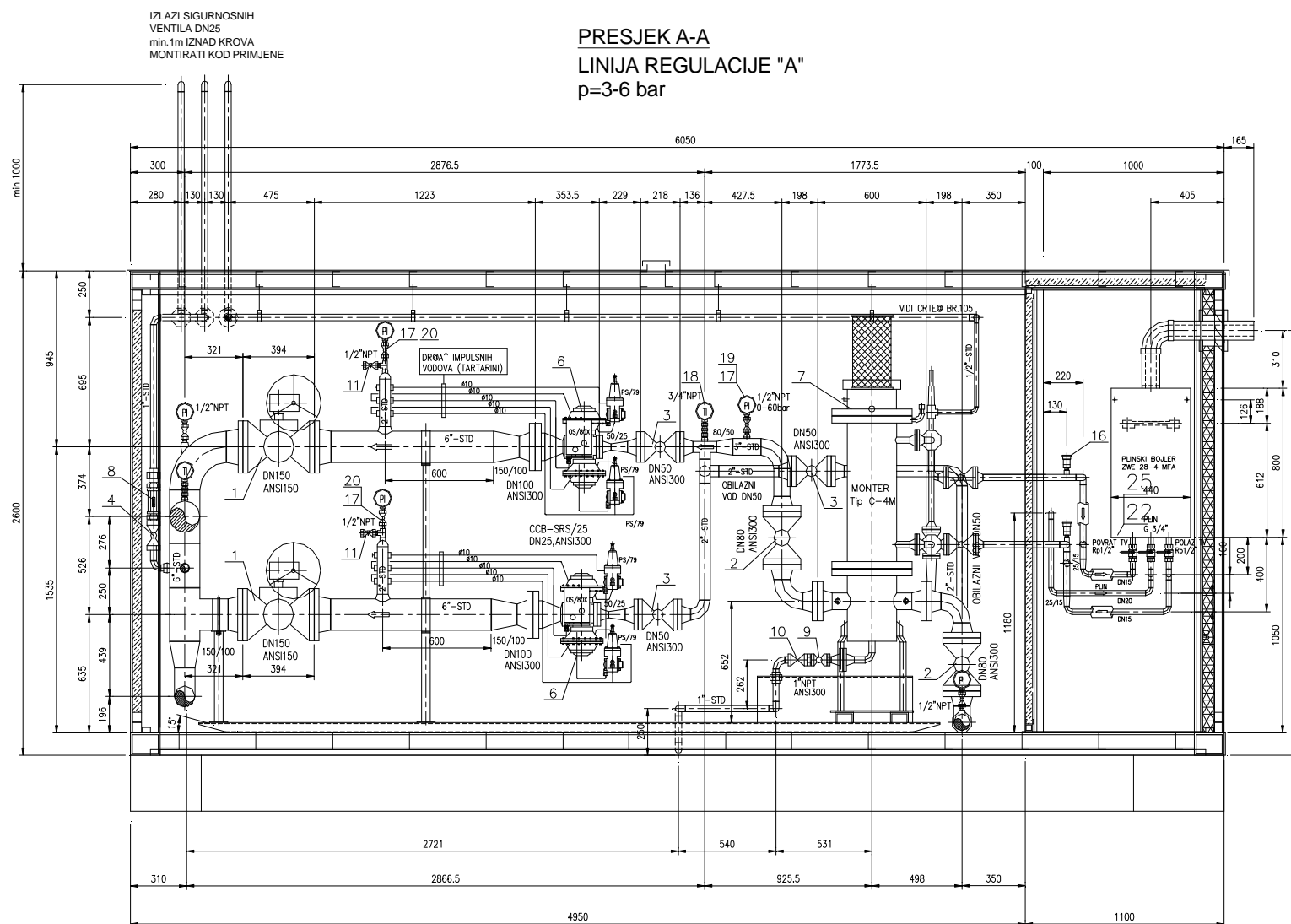
Novim postupkom projektiranja, izradom plana montaže te primjenom sustava MTM postigla bi se veća konkurentnost na tržištu te bi se stvorila podloga za analizu moguće mehanizacije i automatizacije procesa montaže.

10. LITERATURA

- [1] Labudović, B.: **Ukapljeni naftni plin (propan-butan): osnove primjene**, Energetika marketing, Zagreb, 2000.
- [2] Klarić, I.: **Tehnološki procesi organske industrije I. dio**, Sveučilište u Splitu, 2008.
- [3] Plinacro d.o.o., <http://www.plinacro.hr/default.aspx?id=37> - pristupljeno 2010.11.20.
- [4] Izvori energije, http://www.izvorienergije.com/prirodni_plin.htm - pristupljeno 2010.11.21.
- [5] Plinacro d.o.o., **Profil tvrtke 2009.**, Zagreb, 2009.
- [6] BP Statistical Review of World Energy 2010, pristupljeno 2010.11.25.
<http://www.bp.com/subsection.do?categoryId=9023762&contentId=7044550>
- [7] Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva, **Energija u Hrvatskoj 2009.**, godišnji energetske pregled.
- [8] Instromet, **Regulator Station Handbook**, web izdanje, <http://www.instromet.com> – pristupljeno 2010.11.19.
- [9] Grđan, P., Uremović, B.: **Uputa za kontrolu i održavanje mjerno-redukcijske stanice**, Macel plin d.o.o., oznaka dokumenta: TP02000A, 2010.
- [10] Korbar, R.: **Pneumatika i hidraulika**, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2007.
- [11] Grđan, P., Uremović, B.: **Uputa za kontrolu i održavanje regulacijskog seta mjerno-redukcijske stanice**, Macel plin d.o.o., oznaka dokumenta: TP01001A, 2010.
- [12] Vranješ, B.: Zavarivanje i Montaža, predavanja, FSB, Zagreb, 2007.
- [13] Traceparts, katalog CAD modela, <http://www.tracepartsonline.net/>, pristupljeno 2010.11.15.
- [14] SKF.hr, znanja i iskustva SKF-a i prikaz suvremene metode zatezanja, **Priručnik za zatezanje vijaka**, web izdanje, <http://www.skf.com/files/239454.pdf>, pristupljeno 2011.04.16.
- [15] Dassault Systemes, **Virtual Ergonomics: Taking Human Factors into Account for Improved Product and Process**, <http://3eos.com/>, pristupljeno 2011.05.04.

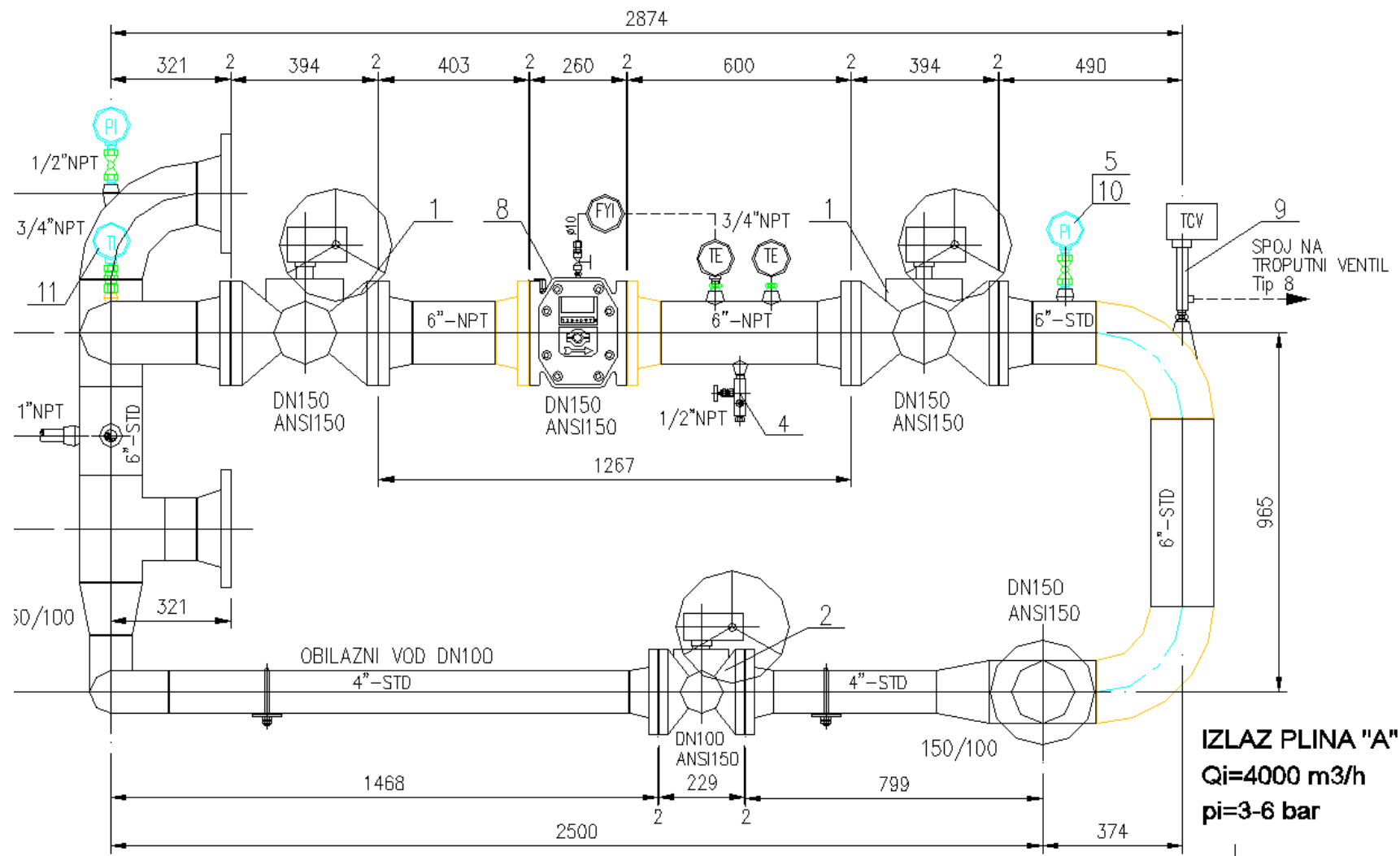
11. PRILOZI

Prilog 1. Presjek linije regulacije „A“

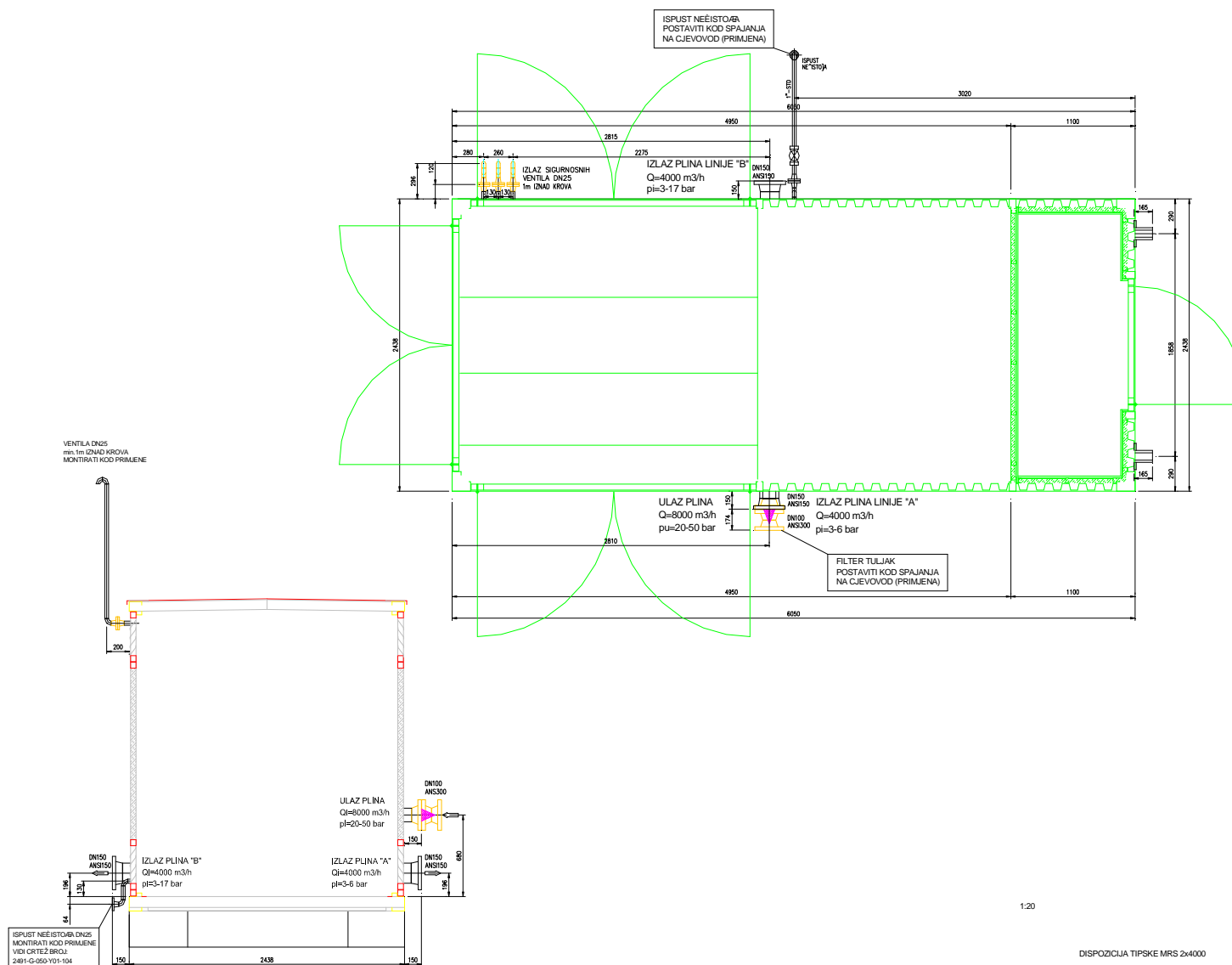


Prilog 2. Presjek mjerne linije „A“

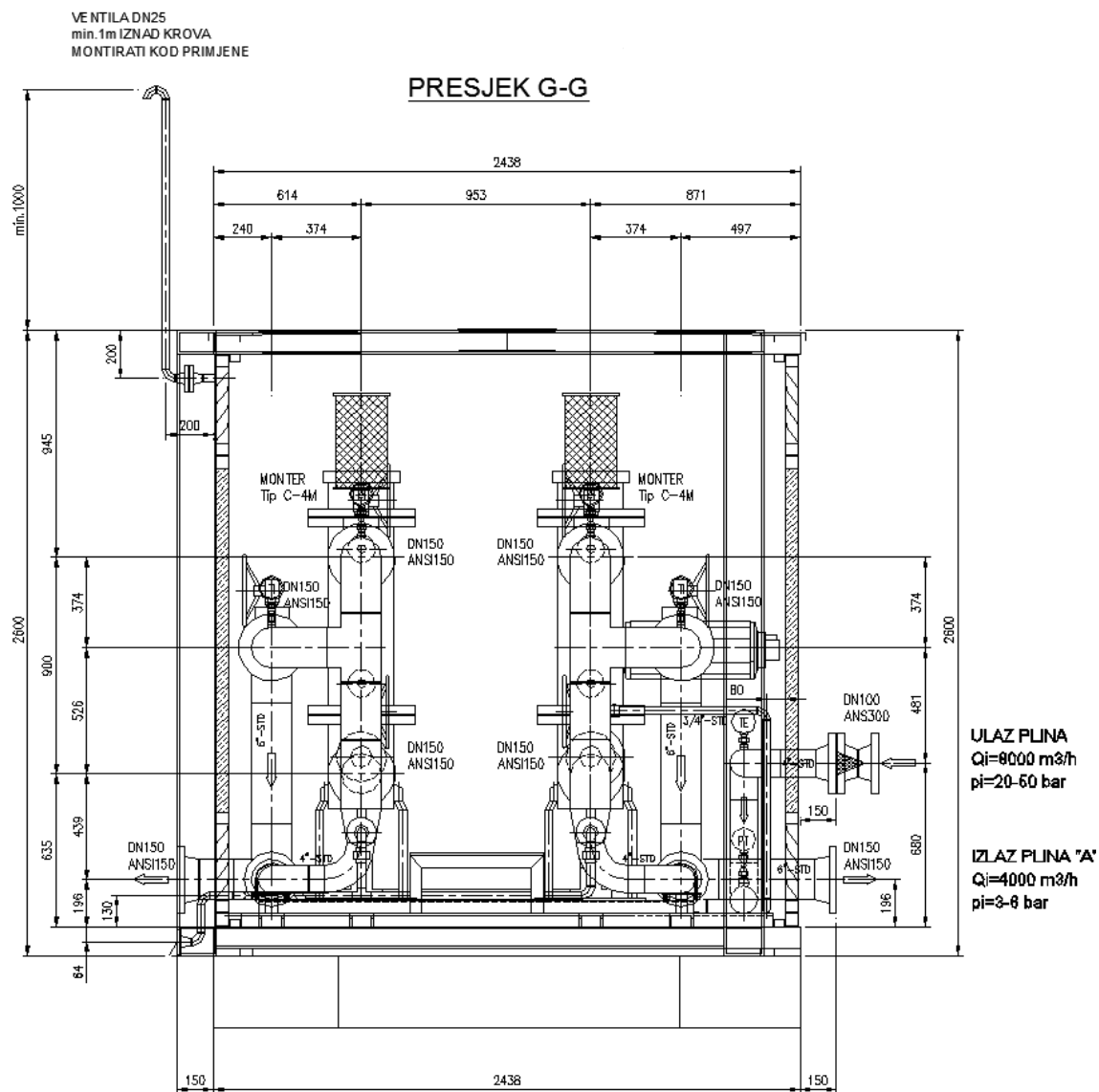
MJERNA LINIJA "A"



Prilog 3. Kontejner mjerno-redukcijske stanice



Prilog 4. Presjek mjerno-redukcijske stanice



Prilog 5. Tablice za odabir regulatora Cronos

Cronos Regulators

Calculation Procedures

| | |
|----------------|--|
| Symbols | Q - Natural gas flow rate in Nm^3/h |
| | P1 - Absolute inlet pressure in bar |
| | P2 - Absolute outlet pressure in bar |
| | C_g - Flow rate coefficient |
| | C_i - Body shape factor |
| | d - Relative density of the gas |

Flow Coefficients

Horizontal Flow

| DN | | Standard Model | | | | Model with SR | | | | Model with SRS | | | | Model with Widened Outlet | | | |
|----|----------------|----------------|------|------|------|---------------|------|------|------|----------------|------|------|------|---------------------------|------|------|------|
| | | C | CB | CC | CCB | C | CB | CC | CCB | C | CB | CC | CCB | C | CB | CC | CCB |
| 25 | C _g | 550 | 510 | 510 | 500 | 540 | 500 | 500 | 490 | 500 | 460 | 460 | 450 | 580 | 550 | 550 | 540 |
| | C _i | 30 | 30.5 | 30.5 | 31 | 30 | 30.5 | 30.5 | 31 | 33 | 33.5 | 33.5 | 34 | 30 | 31 | 31 | 31 |
| 50 | C _g | 2250 | 2080 | 2080 | 2050 | 2200 | 2030 | 2030 | 2000 | 1900 | 1780 | 1780 | 1750 | 2300 | 2100 | 2100 | 2050 |
| | C _i | 29 | 30 | 30 | 30.5 | 29 | 30 | 30 | 31 | 32 | 33 | 33 | 33.5 | 29 | 30 | 30 | 30.5 |
| 80 | C _g | 5100 | 4800 | 4800 | 4700 | 5000 | 4700 | 4700 | 4600 | 4200 | 4000 | 4000 | 3900 | 5200 | 4850 | 4850 | 4800 |
| | C _i | 29 | 30 | 30 | 31 | 29 | 30 | 30 | 31 | 32 | 33 | 33 | 34 | 29 | 30 | 30 | 31 |

90° flow

| DN | | Standard Model | | | Model with SR | | | Model with SRS | | | Model with Widened Outlet | | |
|----|----------------|----------------|------|------|---------------|------|------|----------------|------|------|---------------------------|------|------|
| | | CBS | CCS | CCBS | CBS | CCS | CCBS | CBS | CCS | CCBS | CBS | CCS | CCBS |
| 25 | C _g | 450 | 450 | 440 | 440 | 400 | 430 | 400 | 400 | 390 | 475 | 475 | 470 |
| | C _i | 30 | 30 | 31 | 30 | 30 | 31 | 33 | 33 | 34 | 30 | 30 | 31 |
| 50 | C _g | 1850 | 1850 | 1800 | 1800 | 1800 | 1750 | 1650 | 1650 | 1600 | 1900 | 1900 | 1850 |
| | C _i | 30 | 30 | 31 | 30 | 30 | 31 | 32 | 32 | 33 | 30 | 30 | 31 |
| 80 | C _g | 4300 | 4300 | 4200 | 4200 | 4200 | 4100 | 3500 | 3500 | 3400 | 4400 | 4400 | 4300 |
| | C _i | 30 | 30 | 31 | 30 | 30 | 31 | 33 | 33 | 34 | 30 | 30 | 31 |

Flow Rate Q Sub-critical state with $P_2 > \frac{P_1}{2}$

$$Q = 0.525 \cdot C_g \cdot P_1 \cdot \sin \left(\frac{3417}{C_i} \cdot \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{P_1}} \right)^\circ$$

N.B. The sine argument is expressed in sexagesimal degree

Critical state with $P_2 \leq \frac{P_1}{2}$

$$Q = 0.525 \cdot C_g \cdot P_1$$

For other gases with different densities, the flow rate calculated with the above formulas must be multiplied by the correction factor:

$$F = \sqrt{\frac{0.6}{d}}$$

| Gas | Relative Density d | Factor F |
|----------------|--------------------|----------|
| Air | 1 | 0.78 |
| City gas | 0.44 | 1.17 |
| Butane | 2.01 | 0.55 |
| Propane | 1.53 | 0.63 |
| Nitrogen | 0.97 | 0.79 |
| Carbon dioxide | 1.52 | 0.63 |
| Hydrogen | 0.07 | 2.93 |

Prilog 6. Dimenzije regulatora Cronos

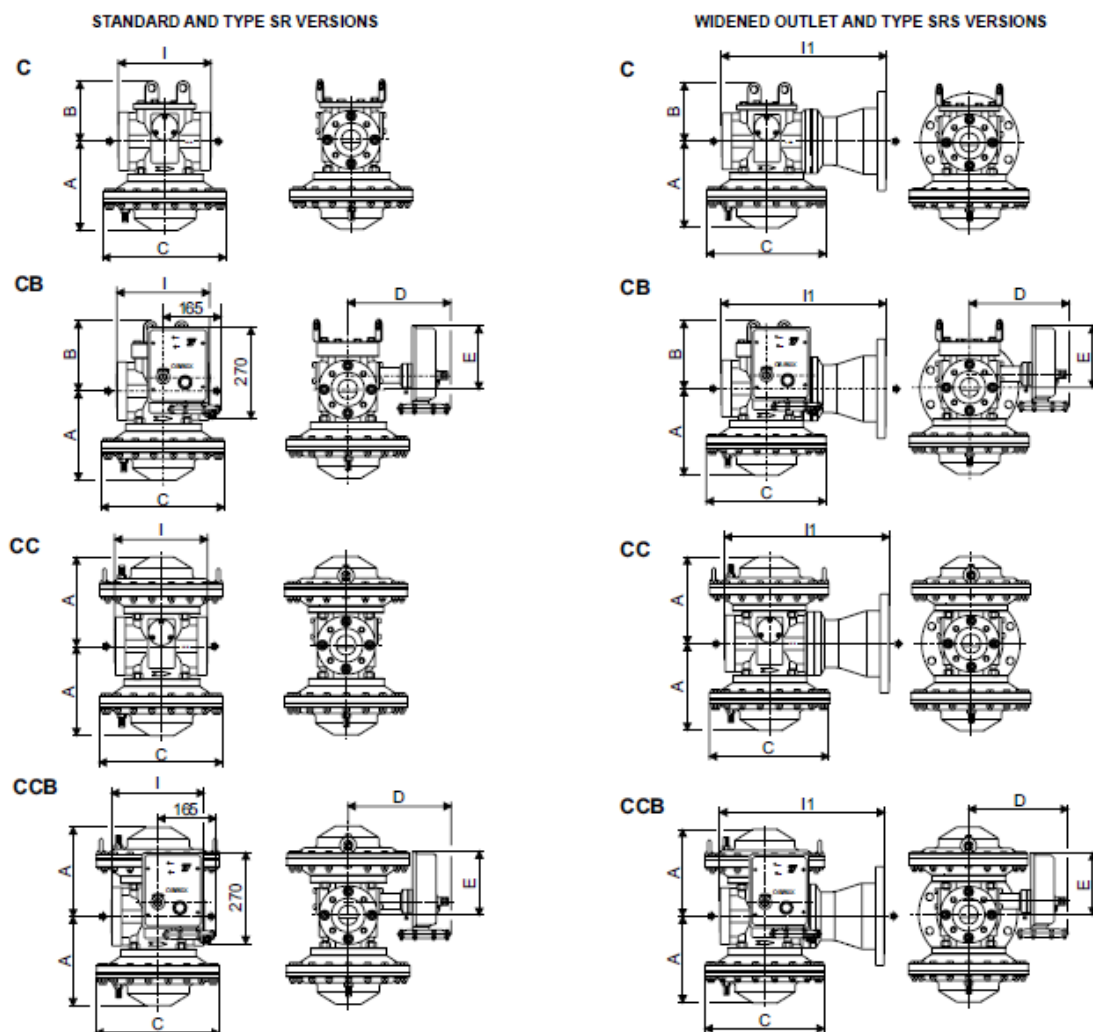


Figure 3. Type Cronos Series Dimensions

Table 8. Type Cronos Series Dimensions

| DN | OVERALL DIMENSIONS (mm) | | | | | | | | | | FACE-TO-FACE (mm) | | | | | |
|----|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-------------------|-----|---------------------|-------|----------|-----|
| | PN 16 - ANSI 150 | | | | | PN 25/40 - ANSI 300/600 | | | | | PN 16 - ANSI 150 | | PN 25/40 - ANSI 300 | | ANSI 600 | |
| | A | B | C | D | E | A | B | C | D | E | I | I1 | I | I1 | I | I1 |
| 25 | 215 | 180 | 285 | 260 | 170 | 220 | 180 | 225 | 260 | 170 | 184 | 350 | 197 | 353.5 | 210 | 360 |
| 50 | 245 | 195 | 335 | 285 | 175 | 260 | 195 | 287 | 285 | 175 | 254 | 465 | 267 | 471.5 | 288 | 482 |
| 80 | 330 | 260 | 400 | 325 | 185 | 350 | 260 | 400 | 325 | 185 | 298 | 570 | 317 | 590 | 337 | 600 |

N.B.: 1/4" NPT female threaded connections

Table 9. Type Cronos Series Weights

| DN | STANDARD AND TYPE SR (kg) | | | | | | | | WIDENED OUTLET AND TYPE SRS (kg) | | | | | | | |
|----|---------------------------|-----|-----|-----|-------------------------|-----|-----|-----|----------------------------------|-----|-----|-----|-------------------------|-----|-----|-----|
| | PN 16 - ANSI 150 | | | | PN 25/40 - ANSI 300/600 | | | | PN 16 - ANSI 150 | | | | PN 25/40 - ANSI 300/600 | | | |
| | C | CB | CC | CCB | C | CB | CC | CCB | C | CB | CC | CCB | C | CB | CC | CCB |
| 25 | 36 | 38 | 56 | 58 | 37 | 39 | 61 | 63 | 49 | 51 | 69 | 71 | 56 | 58 | 78 | 80 |
| 50 | 62 | 66 | 96 | 100 | 74 | 78 | 118 | 122 | 87 | 91 | 121 | 125 | 109 | 113 | 153 | 157 |
| 80 | 128 | 142 | 191 | 197 | 171 | 185 | 271 | 277 | 190 | 204 | 253 | 259 | 273 | 279 | 373 | 379 |

Prilog 7. Dimenzije filter-zagrijača plina

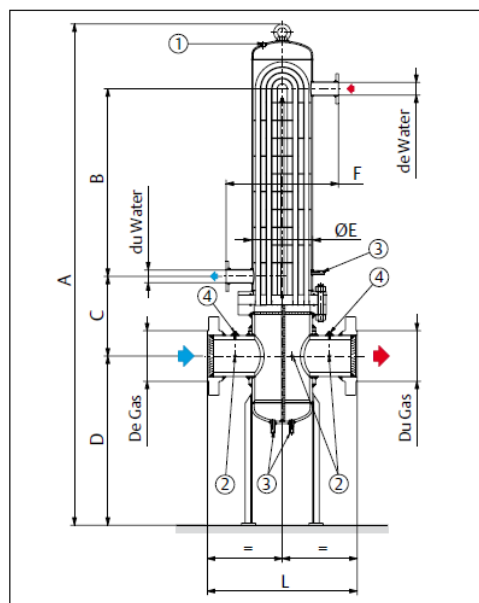
CNF - CN - CF Series

Connections

| Gas Side | | | |
|----------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| Rating | Design Pressure (bar) | Hydrostatic Test (bar) | Pneumatic Test (bar) |
| ANSI 300 | 45 | 57 | 7 |
| ANSI 600 | 90 | 113 | 7 |

| Water Side | | |
|--------------|-----------------------|------------------------|
| Rating | Design Pressure (bar) | Hydrostatic Test (bar) |
| UNI/DIN PN 6 | 5 | 7.5 |

| Accessories | | |
|-------------|----------|---------------------|
| Item | Quantity | Description |
| 1 | 1 | Coupling 3/8" GAS-F |
| 2 | 3 | Thredolet 1/2" NPT |
| 3 | 3 | Nipple 1/2" GAS-M |
| 4 | 2 | Thredolet 1/4" NPT |



Dimensions (mm) and Weights (kg)

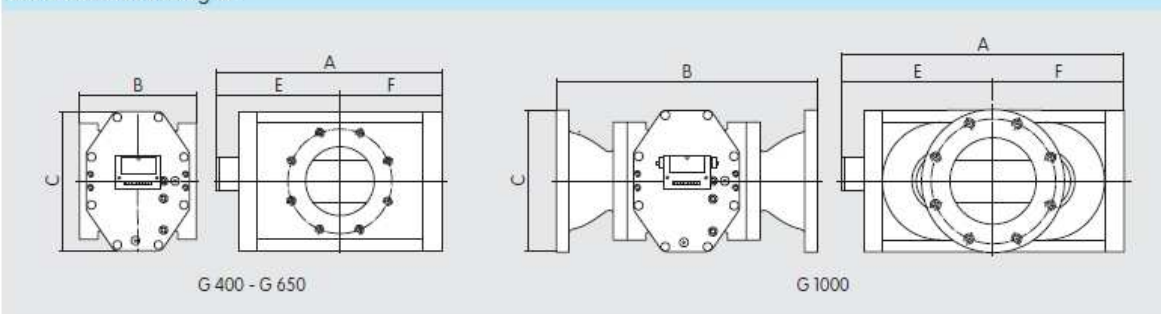
| Type | De max | Du max | de max | du max | A | B | C | D* | Ø E | F | L | Weight |
|--------------|--------|--------|--------|--------|------|------|-----|------|-------|-----|------|--------|
| CNF-05-AP | 50 | 50 | 50 | 50 | 1880 | 700 | 220 | 800 | 141.3 | 350 | 500 | 90 |
| CNF-1-AP | 100 | 100 | 65 | 65 | 1930 | 710 | 247 | 800 | 193.7 | 400 | 550 | 200 |
| CN2-AP | 125 | 125 | 80 | 80 | 2470 | 1150 | 320 | 800 | 219.1 | 420 | 650 | 255 |
| CF2-AP | 125 | 125 | 80 | 80 | 2470 | 1150 | 320 | 800 | 219.1 | 420 | 650 | 255 |
| CF3-AP | 150 | 150 | 80 | 80 | 2595 | 1100 | 430 | 800 | 273 | 600 | 800 | 310 |
| CF1-AP/5000 | 200 | 200 | 80 | 80 | 2540 | 1000 | 425 | 800 | 324 | 600 | 800 | 600 |
| CF1-AP/8000 | 250 | 250 | 80 | 80 | 2995 | 1050 | 580 | 1000 | 457 | 800 | 1100 | 900 |
| CF1-AP/12500 | 300 | 300 | 150 | 150 | 3050 | 950 | 660 | 1000 | 508 | 800 | 1200 | 1300 |
| CF1-AP/17500 | 350 | 350 | 200 | 200 | 3315 | 950 | 820 | 1000 | 560 | 800 | 1250 | 1350 |

* Proposed height, variable according to Installation needs.

Prilog 8. Dimenzije mjerača protoka plina IRM-3

IRM-3 DUO: Rotary gas meters G 400 - G 1000

Dimensions and Weights

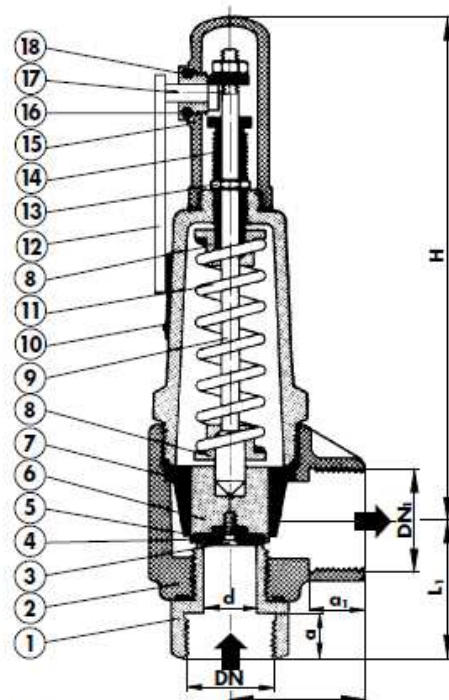
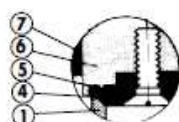


| Size | Nominal diameter | A | B | C | E | F | Weight (kg) |
|--------|------------------|-----|---------|-----|-----|-----|-------------|
| G 400 | 100/150 | 466 | 241/260 | 308 | 270 | 196 | 46/50 |
| G 650 | 150 | 598 | 260 | 308 | 336 | 262 | 62 |
| G 1000 | 200 | 810 | 600 | 340 | 442 | 368 | 113 |

Prilog 9. Tehnički list ispušnog ventila SVO-N

TABELA 1 POZICIJE I MATERIJALI

| Poz. | Naziv dijela | Materijal |
|------|-----------------------------|-------------------------------|
| 1 | Priključak-sjedište pladnja | HRN Č. 4171 (DIN X15Gr13) |
| 2 | Kućište | HRN NL 42 |
| 3 | Vijak s upuštenom glavom | HRN i ISO, klasa čvrstoće 6.6 |
| 4 | Pladanj | HRN Č. 4171 (DIN X15Gr13) |
| 5 | "O" - prsten | Perbunan |
| 6 | Držač pladnja | HRN i ISO CuZn37 |
| 7 | Vodilica | HRN i ISO CuZn37 |
| 8 | Podloška opruge | HRN i ISO CuZn37 |
| 9 | Osovina | HRN Č. 4170 (DIN X7Gr13) |
| 10 | Natpisna pločica | Al |
| 11 | Opruga | HRN Č. 4230 (DIN 67 SiCr5) |
| 12 | Poluga | HRN Č. 0245 (DIN U5136-1) |
| 13 | Matika | HRN i ISO CuZn37 |
| 14 | Vijak za podešavanje | HRN i ISO CuZn37 |
| 15 | Kapa | HRN NL 42 |
| 16 | "O" - prsten | Perbunan |
| 17 | Osovina s ekscentrom | HRN Č. 4171 (DIN X15Gr13) |
| 18 | Vodilica osovine | HRN i ISO CuZn37 |

**OPIS**

Sigurnosni ventil je nazivnog tlaka PN 25, a izrađuje se u kutnoj izvedbi s navojnim priključcima, a u skladu s HRN M. E 0.060. i HRN M. E2. 170

PRIMJENA

Koristi se u cjevovodnim postrojenjima za neagresivne plinove i tekućine do temperature 393 K (120° C). Na zahtjev isporučujemo i za više temperature. Tlak otpuštanja je 50 - 2500 kPa (vidi Tabelu 3).

TABELA 2 DIMENZIJE I MASE

| broj za narudžbu (šifra) | nazivni otvor | | dimenzije mm | | | | | | masa kg |
|--------------------------|---------------|-----------------|--------------|----------------|-----|------|----------------|--------------|---------|
| | DN | DN ₁ | L | L ₁ | H | a | a ₁ | otvor ključa | |
| 030201 | 15 (1/2") | 20 (3/4") | 48 | 49 | 225 | 14,5 | 18 | 36 | 2,4 |
| 030202 | 20 (3/4") | 25 (1") | 48 | 49 | 225 | 18 | 20 | 36 | 2,4 |
| 030203 | 25 (1") | 32 (1 1/4") | 63 | 65 | 237 | 20 | 21 | 50 | 3,2 |
| 030204 | 32 (1 1/4") | 40 (1 1/2") | 63 | 65 | 237 | 21 | 23 | 50 | 3,2 |

TABELA 3 DIMENZIJE I NAVOJ

| broj za narudžbu (šifra) | nazivni otvor | | vrsta navoja |
|--------------------------|---------------|-----------------|--------------|
| | DN | DN ₁ | |
| 030205 | 15 (1/2") | 20 (3/4") | NPT |
| 030206 | 20 (3/4") | 25 (1") | NPT |
| 030207 | 25 (1") | 32 (1 1/4") | NPT |
| 030208 | 32 (1 1/4") | 40 (1 1/2") | NPT |

TEHNIČKI PODACI

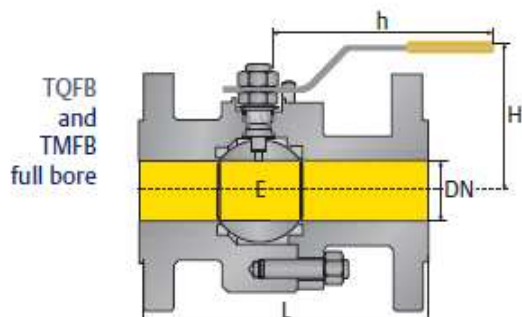
Osnovne dimenzije sigurnosnih ventila navedene su u Tabeli 2. Puni otvor diska postiže se kod 20 % - tnog povišenja tlaka otpuštanja (baždarenja). Protok računati prema HRN M. E 0.060 uz koeficijent K_d = 0,12.

MATERIJALI

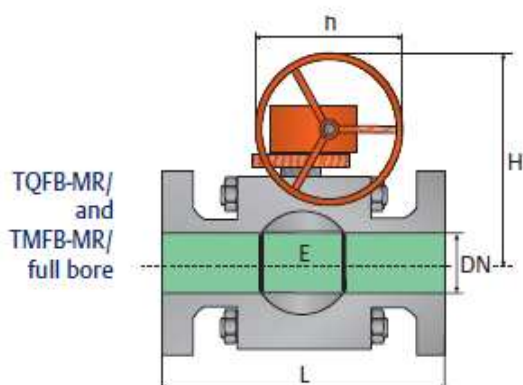
Izrađen je od materijala navedenih u Tabeli 1. Na zahtjev isporučuje se i iz drugih odgovarajućih materijala.

Prilog 10. Dimenzije slavina, Tartarini

Dimensions (in mm) and weights (in Kg)



| | | ANSI 150 | | | | | | | ANSI 300 | | | | | | | ANSI 600 | | | | | | |
|--------|-----|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|
| Inches | DN | Operated by | L | | E | h | H | Weight Kg | Operated by | L | | E | h | H | Weight Kg | Operated by | L | | E | h | H | Weight Kg |
| | | | RF | RTJ | | | | | | RF | RTJ | | | | | | RF | RTJ | | | | |
| 1" | 25 | Lever | 127 | 140 | 25 | 185 | 114 | 6.11 | Lever | 165 | 178 | 25 | 185 | 114 | 8.2 | Lever | 216 | 216 | 25 | 185 | 114 | 9 |
| 1 1/2" | 40 | Lever | 165 | 178 | 38 | 250 | 138 | 11.2 | Lever | 190 | 230 | 38 | 250 | 138 | 14 | Lever | 241 | 241 | 38 | 250 | 138 | 15.4 |
| 2" | 50 | Lever | 178 | 190 | 51 | 286 | 145 | 13.7 | Lever | 216 | 232 | 51 | 286 | 145 | 22 | Lever | 292 | 295 | 51 | 286 | 145 | 25.3 |
| 2 1/2" | 65 | Lever | 190 | 203 | 64 | 326 | 153 | 18 | Lever | 241 | 257 | 64 | 326 | 153 | 27 | Lever | 330 | 333 | 64 | 326 | 153 | 30 |
| 3" | 80 | Lever | 203 | 216 | 76 | 442 | 170 | 27 | Lever | 283 | 298 | 76 | 442 | 170 | 58 | Lever | 356 | 359 | 76 | 442 | 170 | 63 |
| 4" | 100 | Lever | 229 | 241 | 102 | 442 | 185 | 46 | Lever | 305 | 321 | 102 | 442 | 185 | 69 | Lever | 432 | 435 | 102 | 442 | 185 | 103 |
| 6" | 150 | Lever | 394 | 406 | 152 | 564 | 210 | 102 | Lever | 403 | 419 | 152 | 564 | 210 | 156 | Gear | 559 | 562 | 152 | 350 | 207 | 213 |
| 8" | 200 | Lever | 458 | 470 | 203 | 745 | 270 | 202 | Gear | 502 | 518 | 203 | 350 | 289 | 265 | - | - | - | - | - | - | - |



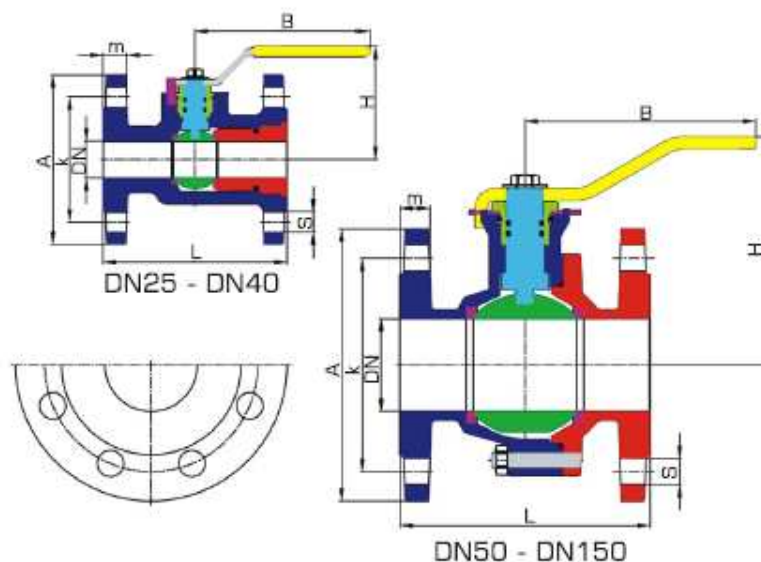
| ANSI 150 | | | | | | | | | ANSI 300 | | | | | | | | | ANSI 600 | | | | | | | | |
|----------|-----|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-------------|-----|----------|-----|-----|-----|-----------|--|--|--|--|
| Inches | DN | Operated by | L | | E | h | H | Weight Kg | Operated by | L | | E | h | H | Weight Kg | Operated by | L | | E | h | H | Weight Kg | | | | |
| | | | RF | RTJ | | | | | | RF | RTJ | | | | | | RF | RTJ | | | | | | | | |
| 2" | 50 | Lever | 178 | 190 | 51 | 600 | 182 | 26 | Lever | 216 | 232 | 51 | 600 | 182 | 29 | Lever | 293 | 296 | 51 | 600 | 182 | 36 | | | | |
| 3" | 80 | Lever | 204 | 216 | 76 | 600 | 228 | 48 | Lever | 283 | 289 | 76 | 600 | 228 | 61 | Lever | 356 | 359 | 76 | 600 | 228 | 69 | | | | |
| 4" | 100 | Lever | 229 | 241 | 102 | 750 | 242 | 89 | Lever | 305 | 321 | 102 | 750 | 242 | 102 | Lever | 432 | 435 | 102 | 750 | 242 | 124 | | | | |
| 6" | 150 | Gear | 394 | 407 | 152 | 350 | 460 | 180 | Gear | 404 | 419 | 152 | 350 | 460 | 197 | Gear | 560 | 563 | 152 | 350 | 480 | 238 | | | | |
| 8" | 200 | Gear | 458 | 470 | 203 | 350 | 495 | 323 | Gear | 502 | 518 | 203 | 350 | 495 | 336 | Gear | 661 | 664 | 203 | 500 | 600 | 398 | | | | |
| 10" | 250 | Gear | 534 | 546 | 254 | 354 | 543 | 482 | Gear | 569 | 584 | 254 | 500 | 618 | 538 | Gear | 788 | 791 | 254 | 700 | 735 | 648 | | | | |
| 12" | 300 | Gear | 610 | 622 | 305 | 500 | 685 | 663 | Gear | 648 | 664 | 305 | 500 | 685 | 743 | Gear | 840 | 843 | 305 | 700 | 800 | 867 | | | | |

Prilog 11. Tehnička dokumentacija kuglaste slavine, IKOM d.o.o.**Kuglaste slavine prirubničke**

Prirubničke kuglaste slavine koriste se kao glavni zaporni elementi kućnih i industrijskih plinovodnih instalacija. Postavljaju se kod kućnih instalacija, u pravilu, neposredno na samom ulasku plinovodne kućne instalacije u građevinski objekt, na pročelju objekta. Kao glavni zaporni organ kućne instalacije, kuglaste slavine se ugrađuju u plinski ormarić. Proizvode se i ispituju u skladu sa europskom normom DIN EN 13774. Slavine se proizvode za nazivne veličine promjera od DN25 do DN150 sa otvorom kugle koji je jednak nazivnom promjeru tako da je gubitak tlaka plina kod protoka kroz slavinu zanemariv. Priključne mjere prirubnica su prema DIN 2501-1, a ugradbene duljine slavina prema DIN 3202-F4.

Područje primjene :

- plin : tlak do 16 bar, temperatura -20°C do +60°C
- voda : tlak do 25 bar, temperatura -10°C do +150°C
- zrak : tlak do 16 bar, temperatura -10°C do +110°C



| Nazivna veličina DN (mm) | Dimenzije u (mm) | | | | | | | masa (kg) | broj provrtā |
|--------------------------------|------------------|-----|----|----|-----|-----|-----|--------------|-----------------|
| | A | k | m | S | H | L | B | | |
| 25 | 115 | 85 | 16 | 14 | 77 | 125 | 175 | 3,9 | 4 |
| 32 | 140 | 100 | 18 | 18 | 85 | 130 | 175 | 5,8 | 4 |
| 40 | 150 | 110 | 18 | 18 | 92 | 140 | 175 | 6,6 | 4 |
| 50 | 165 | 125 | 20 | 18 | 99 | 150 | 175 | 8,8 | 4 |
| 65 | 185 | 145 | 20 | 18 | 155 | 170 | 270 | 12,4 | 4 |
| 80 | 200 | 160 | 22 | 18 | 162 | 180 | 270 | 15,4 | 8 |
| 100 | 220 | 180 | 24 | 18 | 179 | 190 | 360 | 20,2 | 8 |
| 150 | 285 | 240 | 26 | 22 | 240 | 220 | 570 | 42,6 | 8 |

Prilog 12. Sigurnosni ventil V/20-2

V Series

Type V/20-2

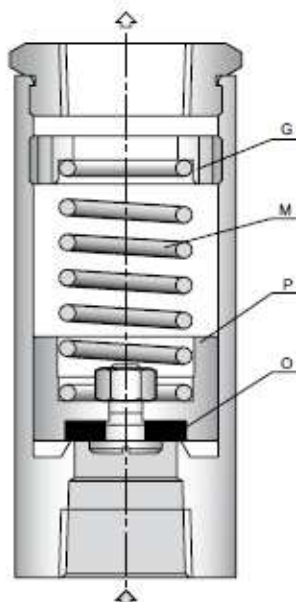


Figure 4. Closed V/20-2 Relief Valve

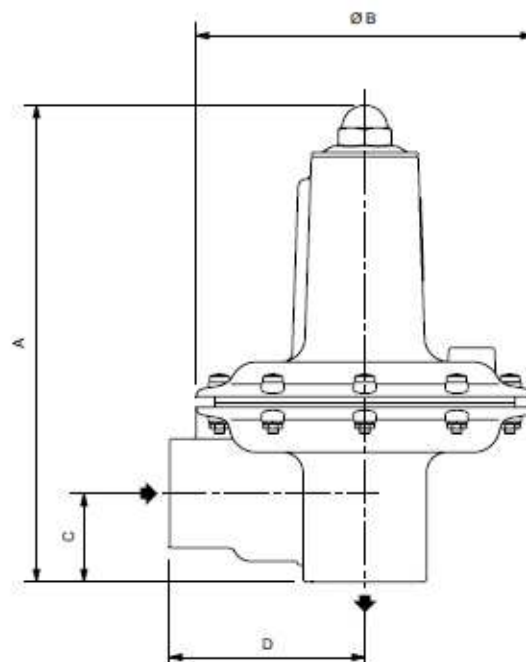


Figure 5. V/50 and V/60 Series Dimensions

Whenever gas pressure under pad (O) is higher than the force exerted by spring (M) in the opposite direction, pad older device (P) is raised, thereby causing the release orifice to open.

Setting is carried out by adjusting the compression of spring (M) through the appropriate ring (G).

It is recommended that relief valve be set at a value at least 15% higher than the operating pressure of the station.

Type V/20-2

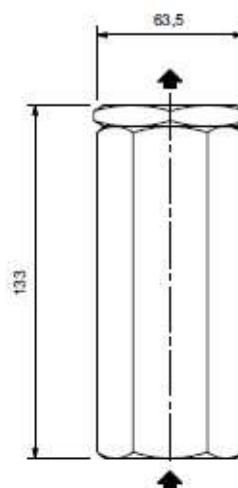


Figure 6. Type V/20-2 Dimensions (mm)

Valve Weight 1.8 Kg

DIMENSIONS AND WEIGHTS

V/50 and V/60 Series

Table 2. V Series Dimensions (mm)

| TYPE | V/50 SERIES | V/60 SERIES |
|-------------|-------------|-------------|
| A | 236 | 258 |
| B | 164 | 198 |
| C | 43 | 70 |
| D | 95 | 110 |
| Weight (Kg) | 1,3 | 1,9 |